DIE NORMALE

RESORPTION DES KNOCHENGEWEBES

UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE

ENTSTEHUNG DER TYPISCHEN KNOCHENFORMEN

VON

ALBERT KÖLLIKER,

PROFESSOR DER ANATOMIE IN WÜRZBURG.

MIT 8 TAFELN UND 2 HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1873.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b22392610

Vorwort.

Mitten unter den mannigfachsten Berufsgeschäften entstanden trägt die Arbeit, die ich hier meinen Fachgenossen vorlege, leider nach manchen Seiten den Stempel des Unvollendeten an sich, doch wolle man auch bedenken, dass dieselbe ein noch nie im Einzelnen durchforschtes Gebiet zum Vorwurfe hat, dessen aussergewöhnlichen Umfang zu bemeistern die Kräfte eines jeden Forschers übersteigen dürfte. Es sind somit nur eine Anzahl Bausteine, die ich biete, und bin ich noch weit davon entfernt, ein fertiges Gebäude vorstellen zu können. Nichtsdestoweniger habe ich, wie mir scheint, einige Einsicht mir erworben in die Art und Weise, wie das betreffende Material am passendsten sich zusammenfügt und glaube ich auch im Besitze eines zu guten Erwartungen berechtigenden Bauplanes zu sein, weshalb ich zu hoffen wage, dass es mit Hülfe anderer Meister schliesslich gelingen wird, ein gutes Endziel zu erreichen.

Die Aufgaben, die in nächster Zeit vor Allem ins Auge zu fassen sein werden, glaube ich hier noch kurz bezeichnen zu sollen. In erster Linie wird die Lehre von den Ostoklasten weiter auszubilden sein und empfehle ich besonders das Studium ihrer Entwicklung und ihrer Beziehung zu den Osteoblasten, sowie die Erforschung ihrer Wirkungsweise, welche letztere vor Allem auf dem Wege des Experimentes zu prüfen sein wird durch künstliche Versuche mit isolirten Ostoklasten. Auch die Frage verdient alle Beachtung, ob wirklich die Knochenresorption ausschliesslich durch die grossen vielkernigen Riesenzellen und die Knochenbildung nur durch die einkernigen kleinen Osteoblasten vermittelt werde oder ob vielleicht unter besonderen bestimmten Verhältnissen beide Leistungen durch die beiderlei Zellenformen verwirklicht werden können, oder wenigstens die Osteoblasten mehrfache Wirkungsweisen darbieten.

In Betreff der Entstehung der typischen Knochenformen und der Bedeutung der normalen Resorption für dieselbe erscheint es mir als wichtigste und erste Aufgabe, das Skelett Eines Thieres in allen Altern zu prüfen, die Appositions-, Resorptions- und indifferenten Flächen genau zu verzeichnen und die Grössen des periostalen und endochondralen Wachsthumes, sowie der Resorption zu messen. Zur Lösung dieser letzten sehr wichtigen Aufgabe sind einmal mit Crapp gefütterte Thiere zu verwenden, als welche ich vor allen Hund und Schwein empfehlen kann, ohne jedoch sagen zu können, dass andere Geschöpfe nicht auch verwendbar sind, und bin ich der Meinung, dass man auf diesem Wege am leichtesten und schnellsten zum Ziele gelangen wird; doch wird daneben auch noch die altbekannte Methode mit dem Einbringen von metallenen Stiften, Drähten, Platten in wachsende Knochen, wie sie vor Allen Flourens, Ollier, Humphry und Lieberkühn geübt, nicht zu vernach-

lässigen sein. — Erst wenn das Skelett Eines Thieres in der angegebenen Weise genau untersucht sein wird, kann an die noch schwierigere Aufgabe der Erklärung der Entstehung der typischen Knochenformen gegangen werden, bei welcher Untersuchung alle Experimente maassgebend sein werden, bei denen es gelingt, künstlich eine Aenderung der Knochenformen zu erzeugen, somit vor Allem solche im Sinne derer von L. Fick und Gudden, bei denen theils die Muskeln, theils das Nervensystem als Angriffspunkte gewählt wurden, Versuche, die übrigens noch mannigfache Abänderungen gestatten.

Eine volle Einsicht in die Entstehung der Knochenformen wird übrigens erst dann gewonnen werden können, wenn die Frage auch vergleichend behandelt sein wird und erscheint es daher ferner als unumgänglich nöthig, wie bereits Lucae diess begonnen, auch die Skelette verschiedener Repräsentanten Einer Thiergruppe und diejenigen der weiter abstehenden Abtheilungen zu prüfen, eine Aufgabe, die vielleicht nicht so colossal ist, als sie auf den ersten Blick erscheint, indem im ersteren Falle nur die besonderen, stark abweichenden Gestaltungen zu untersuchen sein werden und für den zweiten Fall sich herausstellen dürfte, dass die niederen Wirbelthiere einfacheren Gesetzen folgen, wie sich denn auch jetzt schon als wahrscheinlich ergibt, dass bei den Fischen die äussere Resorption keine oder nur eine geringe Rolle spielt. Immerhin bleibt auch für diesen Theil die Aufgabe gross genug, um sie den andern ebenbürtig zu gestalten.

Sehr empfehlen möchte ich endlich auch das Studium der pathologischen hierher gehörenden Vorgänge, das von einigen Forschern bereits mit gutem Erfolge begonnen worden ist und im Vereine mit Arbeiten über die krankhaften Störungen des Knochenwachsthums, wie denen von Virchow u. A., eine wesentliche Ergänzung des im Bereiche des Normalen zu Erreichenden abgeben wird.

In dieser kurzen Darlegung des in diesem Gebiete noch zu Leistenden liegt wohl mehr als eine Rechtfertigung des Wenigen hier Gegebenen und beende ich diese einleitenden Worte, indem ich nur noch beifüge, dass die meiner Arbeit beigegebenen Abbildungen mit Ausnahme der Figg. 36, 89, 90 und 91, die ich meinem Landsmanne Herrn Cand. med. Strasser von Interlachen verdanke, von der altbewährten Meisterhand des Herrn Carl Lochow nach der Natur dargestellt sind; doch habe ich zu bedauern, dass die ausgezeichnet gemalten Bilder der Crappknochen im Farbendrucke unmöglich ganz getreu wiederzugeben waren, obschon auch die lithographische Anstalt von Bach in dieser Beziehung Vorzügliches geleistet hat.

Würzburg, den 1. August 1873.

A. Kölliker.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Vorwort III

I.

Historische Einleitung . . . . . 1—18

II.

Eigene Beobachtungen 19

A. Die Resorption der Knochen- und des Zahngewebes in ihrem mikroskopischen Verhalten . . . . . 19—28

1. Howship'sche Grübchen . . . . . 19—21

2. Ostoklasten . . . . . 21—28

B. Vorkommen und Verbreitung der Resorptionsstellen an Knochen und Zähnen . . . . . 28—65

1. Untersuchungsmethode . . . . . 28—31

2. Erstes Auftreten der Resorptionsstellen . . . . . 31—41

3. Specielle Beschreibung des Vorkommens und der Verbreitung der äusseren Resorptionsstellen am Skelette

Skelett des Kalbes . . . . . 41—48

Skelette anderer Säugethiere 48

Skelett des Schweines . . . . . 49—57

Skelett des Hundes . . . . . 57—59

Skelett des Elephanten . . . . . 59—60

Geweihe der Cervina . . . . . 60—61

Skelett des Menschen . . . . . 61—64

Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische 64

Anhang.

1. Die typischen Resorptionen an den Milchzähnen . . . . . 64—65

2. Die Knochenresorption in pathologischen Fällen 65

Seite.

C. Bedeutung der äusseren Resorption für die typische Gestaltung der Knochen . . . . . 65—81
1. Wachsthum der Röhrenknochen und der langen Knochen überhaupt . . . . . 67—70
2. Wachsthum des Schädels 70
a. Wachsthum des Unterkiefers 70
1. Unterkiefer des Ochsen . . . . . 70—72
2. Unterkiefer des Menschen . . . . . 72—74
b. Höhlen und Kanäle des Schädels . . . . . 74—81
Schlussbemerkungen . . . . . 81—83
Tafelerklärung 84

I.

Historische Einleitung.

Die von mir in dieser Schrift niedergelegten Thatsachen und Anschauungen sind zwar einem nicht unbedeutenden Theile nach neu und bisher unbekannt gewesen; andererseits aber wurzeln dieselben doch so sehr in den Arbeiten älterer und neuerer Forscher, dass es zweckmässig und gerecht erscheint, das vorauszuschicken, was Andere in diesem Gebiete geleistet haben und so Jedem sein Recht widerfahren zu lassen, wie die Geschichte es ihm zuweist.

Gewöhnlich beginnt man die Lehre von der Entwicklung der Knochen mit Duhamel, der um die Mitte des vorigen Jahrhunderts seine allbekannten und wichtigen Versuche anstellte; es scheint mir jedoch lehrreich noch etwas weiter zurückzugehen, einmal um zu zeigen, dass gewisse Lehren der neuesten Zeit sehr weit zurückreichen und dann um von dem Stande der Wissenschaft in der ersten Zeit nach dem Wiederaufblühen der anatomischen Disciplinen eine Vorstellung zu geben.

Bis zum Anfange des 17. Jahrhunderts finde ich bei keinem Anatomen eine der Erwähnung werthe Angabe über die erste Entwicklung und das Wachsthum der Knochen und ist Adrianus Spigelius der erste, der Genaueres und Bemerkenswerthes berichtet[1]). Vorerst bestreitet er die Ansicht, dass die Beinhaut zu Knochen werde, nachdem sie vorerst Knorpel geworden, und macht dann auf eine doppelte Entstehungsweise der Knochen aufmerksam, indem an den einen die Enden erst knorpelig seien, bevor sie knöchern werden, wie beim Femur u. s. w., an andern dagegen, wie bei den Knochen des Schädeldaches, der Ansatz ganz allmälig durch Apposition sich mache, und nicht durch

[1]) Die Hauptstelle (De formato foetu etc. Opus posthumum, Francofurti 1631, p. 61) lautet wörtlich: „Quaerat autem quispiam ultimo loco, quomodo ossa seu eorum extremitates, quae desiderantur in infantibus, paulatim perficiantur, vel succrescant. Nonulli existimarunt eam, quae ossa ossibus annectit membranam in os verti, et antequam in os vertatur in nonnullis partibus verti in cartilaginem, quod falsum est. Si enim ex membrana duriore facta os fieret: procul dubio non pars aliqua membranae, sed tota simul mutaretur in duriorem substantiam, nempe cartilaginem prius, cujus natura media est, inter os, et duram membranam, quod non ita apparet. Nam ossium omnium eadem generatio non est: etenim processus inferni femoris, tibiae, et fibulae, et cubiti duo, qui trochlea obvolvuntur, prius toti giguuntur cartilaginei, antequam ossei evadant: alia vero ossa perfectionem suarum extremitatum acquirunt per appositionem, ut superius in capite, ubi fit concursus suturae coronalis et sagittalis membranosus. Non enim illico membrana in os tota mutatur, uti hactenus existimarunt anatomici, sed paulatim materia alimentalis, quae in os vertitur, apponitur ossium sincipitis et frontis extremitatibus tamdiu, donec omnes fines per suturae medium coeant eo pene modo, quo glacies concrescit in aquae superficie. — — — — In calcis osse, quamvis in superficie cartilagineum appareat, antequam ex membrana os fiat, in medio quid osseum jacit fundamentum, ex quo per appositionem calcis os paulatim grandescens conformatur."

Verknöcherung der Nahtmembran in toto. Wie die knorpeligen Gelenkenden verknöchern, sagt Spigelius nicht, doch lässt er das Os calcis aus einem innern Knochenkerne, der durch Apposition wachse, sich bilden und scheint hier auch eine Umwandlung der zu Knorpel umgewandelten Beinhaut in Knochen zu statuiren.

In diesen Angaben sind die ersten Andeutungen der späteren Lehren von der Bildung des Knochengewebes aus präformirten Knorpeln und seiner allmäligen Entwicklung aus häutigen Anlagen durch Apposition nicht zu verkennen und sind dieselben um so auffallender, als keiner der bekannten Vorgänger Spigel's auch nur andeutungsweise auf solche Fragen eingeht.

Schwache Andeutungen ähnlicher Auffassung finden sich auch noch bei einem anderen Anatomen dieses Jahrhunderts, bei Th. Kerckring. Derselbe sagt zwar in seinem Spicilegium anatomicum, Amstelod. 1670 p. 213, „in toto corpore nobis observatum est, plurimas partes, quae passim cartilagineae dicuntur, primum membranosas esse, ac paulatim abire in cartilaginis consistentiam, antequam perveniant ad ossium soliditatem", erläutert dies jedoch auf der folgenden Seite mit den Worten: „contentus hic monuisse, pleraque, quae cartilaginis a nobis donantur vocabulo, et ante fuisse, et etiam tum magnam saepe partem esse membranas, cum a nobis et aliis cartilagines vocantur."

Ebenso wie von der Lehre der Knochenbildung durch Apposition finden sich schon im 17. Jahrhunderte auch die ersten Spuren der Doctrin von dem Wachsthume der Knochen durch Intussusception (interstitielles Knochenwachsthum der Neueren) und zwar bei Clopton Havers. Derselbe nimmt zuerst einen knorpeligen oder dem Knorpel ähnlichen Zustand der Knochen an und lässt dann aus den Blutgefässen in einer Weise, die uns hier nicht berührt, die Säfte austreten, welche den Knorpel in Knochen umwandeln und das weitere Wachsthum des letzteren bedingen. Hierbei sollen die Ernährungssäfte immerfort einerseits neue Theilchen an die alten anlagern, wodurch dann der Knochen sowohl dichter werde, als auch im Umfange sich ausdehne; anderseits lässt H. eben solche Theilchen auch an den Enden der Knochen in die Zwischenräume der alten Theilchen sich absetzen, was dann das Längenwachsthum bedinge[1]).

Im achtzehnten Jahrhunderte lenkt in erster Linie Robert Nesbitt[2]) die Aufmerksamkeit auf sich, der nicht nur zuerst den bestimmten Nachweis gegeben hat, dass ein bedeutender Theil der Knochen in häutigen Anlagen sich entwickelt, ohne je knorpelig vorgebildet gewesen zu sein[3]), sondern

---

[1]) Die wichtigste Stelle heisst in der lateinischen Uebersetzung des Dr. M. Fr. Geuder (Osteol. nova per Cloptonem Havers, Francofurti et Lipsiae 1692 p. 171) folgendermassen: „Adeo ut, quamdiu ossa cartilaginea sunt, aut naturae saltem cartilagineae vicinia, tam diu eorundem particulae et ad latus et ad extremitates recedere possint, quae proin per pressionem succi nutritii versus easdem per rotationem spirituum pulsi dimotae, spatium concedunt, in quo nutrimentum extra viam directi spirituum motus subsistere potest. Illae particulae quae ad diversas filamentorum osseorum partes pulsae lateribusque appositae sunt, adangent densitatem, et extendunt circumferentiam ossis, illae vero, quae inter extremitates eorum adactae sunt, dilatant interstitia, ibique haerentes, singulas osseorum particularum series et consequenter os universum in longum producunt.

[2]) Human Osteogeny explained in two lectures, read in the anatomical theatre of the surgeons in London July the first and second, anno 1731, London 1736.

[3]) Zu den in häutigen Anlagen sich bildenden Knochen rechnet Nesbitt ausser den bekannten Schädelknochen auch das Schlüsselbein (p. 15), das er jedoch nicht früher als beim 3 Monate alten Embryo untersuchte, und bemerkenswerther Weise auch die Diaphysen der langen Knochen. Von diesen sagt er p. 11 „after much the same manner (wie bei den platten Schädelknochen) those laminae are formed, of which the more solid part of the cylindrical bones consists. Their ossifications begin, while the circumference is not larger, than a small pin, in the form of a broad flat ring, which surrounds the internal periosteum, and is surrounded by the external. As these rings increase in breadth (Länge) their fibres shoot towards both extremities of the part, not always in straight lines, but according to the particular figure the bone is designed by nature to be of. In these bones the interior laminae are never so long as the exterior, because on the number of the plates depends the extraordinary solidity of the bone about its middle, which gradually decreases toward its extreams."

auch den Satz aufstellt, dass beide Arten der Knochenbildung im Wesentlichen auf Eine, nämlich auf eine successive Ablagerung von Knochentheilchen aus dem Blute, herauskommen und dass auch bei den knorpelig vorgebildeten Knochen der Knorpel nie zu Knochen erhärte oder in Knochen sich umwandle, sondern ganz und gar zerstört werde. Nesbitt's Beweise für diesen wichtigen Satz, in dem die Lehre unserer Tage von der Substitution des Knorpels durch Knochen zum ersten Male in der Wissenschaft auftritt, sind nun freilich, dem damaligen Stande der Dinge entsprechend, sehr mangelhaft, immerhin wird Niemand seinem aprioristischen Grunde, dass es sehr unwahrscheinlich sei, dass dasselbe Gewebe auf zwei verschiedene Weisen entstehe, eine gewisse Bedeutung absprechen wollen und auch gern anerkennen, dass die von ihm zu Gunsten seiner Ansicht angeführten Thatsachen manches Beachtenswerthe enthalten und von ächtem Forschersinn Zeugniss ablegen[1]).

Ueber die Art und Weise des Wachsthums der Knochen enthält die sonst so ausgezeichnete Arbeit von Nesbitt sehr wenig. Immerhin geht soviel aus derselben hervor, dass er die Knochen durch Apposition an das zuerst Gebildete wachsen lässt[2]). Auch verdient hervorgehoben zu werden, dass er der erste ist, der in vernünftiger Weise von einer Einwirkung des Druckes der Weichtheile auf gewisse Gestaltungsverhältnisse der Knochen spricht und die Räume der spongiösen Substanz und die Gefässfurchen auf Rechnung mechanischer Einwirkung des Markes und der Gefässe setzt, wobei er jedoch nicht an eine Resorption von Knochengewebe, sondern an ein Zusammengepresstwerden desselben denkt[3]).

Ebenso bedeutungsvoll wie die Untersuchungen von Nesbitt und in ihren nächsten Folgen viel belangreicher als die des erst in unseren Tagen wieder zu Ehren gezogenen Britten, sind die von Duhamel, mit denen in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts zum ersten Male die Lehre auftaucht, dass das Periost bei der Bildung der Knochen eine wichtige Rolle spiele. Duhamel war der erste, der Fütterungen mit Crapp (Rubia tinctorum) bei Thieren zur Erforschung des Wachsthums der Knochen verwerthete und waren die Experimente, bei denen er nach abwechselnder Darreichung von Crapp und gewöhnlichem Futter die Diaphysen der Röhrenknochen schichtenweise und alternirend roth und weiss gefunden hatte, vor Allem der Grund zu seiner Aufstellung, dass das Periost Lage um Lage verknöchere und somit die Diaphysen von aussen durch Apposition wachsen. Nichtsdestoweniger bleibt auch Duhamel noch bei der Expansionstheorie stehen, indem er die Vergrösserung der Markhöhle und das Längenwachsthum der Knochen von einer solchen abhängig macht. Letzteres sucht er durch Experimente zu beweisen, wie sie schon vor ihm Stephan Hales angestellt hatte, bei denen Nadeln in die Mittelstücke wachsender Knochen eingetrieben und aus deren grösserem oder geringerem

---

[1]) Diese Thatsachen sind a) das Auftreten von Blutgefässen im ossificirenden Knorpel; b) die leichte Trennung der Knochenkerne vom umgebenden Knorpel; c) die häufige Verknöcherung von Muskeln, Sehnen und Häuten in abnormen Fällen; d) der Umstand, dass die Knochen etwa $^2/_3$ erdige Substanz, die Knorpel nur etwa $^1/_{100}$ solcher enthalten.

[2]) Nesbitt's Grundanschauung ist in dem Schlusssatze seiner ersten Vorlesung enthalten (p. 39): „Hence you see — — that there is not one single phaenomenon to support the notion of bones being nothing but indurated cartilages, or that they are produced only by a transmutation of a cartilaginous substance. And that there are a sufficient variety of phaenomena to afford autoptical demonstrations, that the blood or a fluid secreted from it (ossifying juice, Nesbitt p. 25), is capable of producing bony substances, without first forming cartilaginous ones. It likewise appears that the most material arguments, — — which have been used to support the common hypothesis may with much more reason, be used to overturn it, and to prove, that all bony productions — — are caused entirely by the apposition of cretaceous matter, suspended and brought in a fluid to the ossifying part and there deposited."

[3]) Die betreffende interessante Stelle (p. 14) lautet: And the cellular or cavernous parts of bones are receptacles for the folliculi of marrow, to the intervention of which the cells or cavities owe their formation. For as the marrow increases, the bony particles are by pressure forced into a form proper and capable to contain the medullary bags, much in the same manner, as the pressure of bloodvessels makes furrows or cavities to bury part of themselves in on the external laminae of the parietal bones, as soon as they become fixed by sutures."

Abstande in späteren Zeiten ein Schluss auf die Längenausdehnung abgeleitet wurde, und was die Expansion der Diaphysen in der Querrichtung betrifft, so wurde dieselbe nicht nur aus der Vergrösserung der Markhöhle bei gleichzeitigem Dickerwerden des Knochens erschlossen, sondern auch auf das allgemein bekannte Experiment gestützt, bei dem ein ausserhalb des Periostes um einen Taubenknochen gelegter Metallring schliesslich an der Grenze der Markhöhle lag, während der Knochen zugleich an Umfang, Dicke der Wand und Grösse der Höhle gewonnen hatte.

Duhamel's Untersuchungen, die trotz mancher Mängel doch in der That auch viel des Guten und Brauchbaren enthielten, zogen bald die Opposition Albin's und Haller's auf sich und waren daher nicht im Stande, sich die allgemeine Anerkennung zu verschaffen. Bernhard S. Albinus bekämpft mit grösstentheils sehr schwachen Gründen in seinen Academicae annotationes lib. VI. 1764 und lib. VII. 1766 die Lehre Duhamel's von den Beinhautablagerungen und vermag an diesem Orte ebenso wenig wie früher in seinen Icones ossium foetus humani (1737) eine genügende Darstellung der Entwickelung der Knochen zu geben. Anders A. v. Haller[1]), dessen Gründe gegen die Annahme einer Verknöcherung des Periostes selbst, wie Duhamel sie angenommen hatte, in der That als gute bezeichnet werden müssen. Doch liess Haller sich verleiten, mit der Widerlegung dieser Auffassung dem Perioste überhaupt jede Bedeutung für die Knochenbildung abzusprechen. Eine vollständige Theorie des Knochenwachsthums gibt übrigens auch Haller nicht und beschränkt er sich auf die Angabe, dass alle Knochen erst gallertig und dann knorpelig seien und dass die Blutgefässe eine Hauptrolle bei der Bildung derselben spielen, indem sie einen „suc osseux" zuleiten und austreten lassen, der dann erhärte. Dabei lässt er zugleich die Arterien in eigenthümlicher Weise mechanisch durch ihre Pulsationen an der Knochenbildung sich betheiligen (l. c. p. 259), welche in extenso hier mitzutheilen kein Interesse darbietet.

War Haller mit Bezug auf die Erkenntniss der Grundvorgänge bei der Entwicklung der Knochen minder glücklich, so verdient er dagegen alles Lob wegen seiner genauen Schilderung der Entwickelung der Röhrenknochen des Hühnchens vom 6. Tage der Bebrütung an bis zur 6. Woche nach dem Ausschlüpfen und ist die Darlegung der Ergebnisse seiner Untersuchungen (Deux mémoires, p. 177—243) noch jetzt lesenswerth. Ja es möchte wohl seine Besprechung der Blutgefässe wachsender Knochen noch jetzt unübertroffen dastehen.

Um dieselbe Zeit wie Haller gibt C. Fr. Wolff in seiner berühmten Dissertation[2]) wenn auch nicht eine Schilderung der Entwicklung der Knochen doch eine Andeutung, die der Vergessenheit entrissen zu werden verdient, indem in derselben die ein Jahrhundert später von L. Fick vorgetragene Ansicht von dem Einflusse der Weichtheile auf die Entstehung der Knochenformen in ihren ersten Anfängen zu erkennen ist. Wolff sagt (l. c. p. 131): „Ossa praeter substantiam nihil proprium fere habent. — — In figuram tamen determinandam haud exiguum influxum sibi vindicare videntur partes molles, quae spatio, inter se relicto, vel occupato majorem vel minorem excernendo sueco osseseenti concedunt extensionem." In Folge dieser Aufstellung leitet dann W. die Löcher und Kanäle im Knochen von der Existenz der betreffenden Arterien und Nerven, die Schläfengrube vom Musculus temporalis ab u. s. w.

Wir kommen nun zu der bedeutendsten Erscheinung im verflossenen Jahrhunderte, zu dem englischen Chirurgen John Hunter, dessen Scharfblick die Lehre von der Entwicklung der Knochen die ersten Andeutungen über zwei Thatsachen von der grössten Tragweite verdankt, die nämlich, dass die Knochen im Laufe ihrer normalen Entwicklung sowohl im Innern als an ihrer äusseren Oberfläche mannigfache Resorptionen erleiden. Hunter hat übrigens seine Erfahrungen nicht selbst in extenso

---

[1]) Deux mémoires sur la formation des os. Lausanne 1758. p. 243—263. Dasselbe lateinisch in Opera anatomica minora. Tom. II. Lausannae 1767. Pars II. p. 588—600.

[2]) Theoria generationis. Berol. 1759.

veröffentlicht und ist es daher schwer, aus dem, was in dieser Beziehung theils von ihm, theils nach seinen Manuscripten von seinen Freunden mitgetheilt wurde, sich ein ganz genaues Bild von dem zu machen, was er wirklich von dieser Angelegenheit wusste. Nach Allem zu schliessen waren für Hunter besonders folgende Punkte Ausschlag gebend: 1) die Vergleichung von Röhrenknochen verschiedenen Alters unter einander; 2) die Formveränderung des Unterkiefers bei dem allmäligen Hervorbrechen der Zähne; 3) Fütterungen mit Crapp und 4) Versuche mit in wachsende Knochen eingebohrten Löchern, ähnlich denen, die Duhamel mit Metallstiften gemacht hatte. Aus den hierbei sich ergebenden Thatsachen construirte sich Hunter die Hypothese, dass die Knochen durch Apposition neuer Schichten an den Enden und unter der Beinhaut in die Dicke und in die Länge wachsen, dass aber zu gleicher Zeit auch Absorptionsvorgänge wesentlich mitbetheiligt seien und zwar einmal im Innern, in Folge welcher die Markhöhlen sich vergrössern, und zweitens äusserlich in der Nähe der Gelenkenden der Röhrenknochen und an gewissen Theilen des Unterkiefers, wodurch die Möglichkeit gewährt werde, dass diese Knochen ihre typische Form beibehalten[1]).

---

[1]) Die Werke, aus denen Hunter's Anschauungen über das Knochenwachsthum sich entnehmen lassen, sind folgende:

1) J. Hunter's natürliche Geschichte der Zähne. Deutsch, Leipzig 1780. Enthält p. 106—110 eine kurze aber zutreffende Geschichte der Formveränderungen der Kiefer, und auf Taf. II. u. VII. gute Abbildungen älterer und jüngerer Kiefer. Davon, dass eine Absorption bei der Umgestaltung des Kiefers eine Rolle spiele, findet sich jedoch nirgends etwas erwähnt, wohl aber war Hunter das Schwinden der Wurzeln der Milchzähne vor dem Ausfallen und die allmälige Verzehrung ihrer Alveolen bekannt.

2) „Experiments and Observations on the growth of bone from the papers of the late Mr. Hunter by Everard Home Esq. F. R. S." Read October 4, 1798 in the Transactions of a society for the improvement of medical and chirurgical knowledge. Vol. II. London 1800. p. 277–286.

In dieser kleinen Abhandlung, aus der einige wichtige Sätze auch in dem Catalogue of the Museum of the R. College of surgeons in London Vol. I. 2. edition auf p. 43 und 255 theils dem Sinne nach, theils wörtlich abgedruckt sind, theilt E. Home zuerst mit, dass Hunter's Untersuchungen über das Wachsthum der Knochen bis auf das Jahr 1772 zurückgehen und dass seine Anschauungen seit dieser Zeit alle Jahre in seinen Vorlesungen wiederholt und auch von allen Lehrern der Anatomie in London angenommen worden seien. Da er jedoch aus einer Veröffentlichung des Professors der Anatomie in Edinburg, Alex. Monro (Three treatises on the brain, the eye and the ear, Edinburg 1797) ersehen, dass dieser ein Anhänger Duhamel's sei und die Ansichten von Hunter gar nicht kenne, so finde er sich nun veranlasst, dieselben öffentlich bekannt zu machen. E. Home führt nun weiter aus, dass Hunter der Lehre von Duhamel, dass die Knochen durch Ausdehnung ihrer Theile wachsen, keinen Geschmack abgewinnen konnte und aus diesem Grunde Experimente anstellte, um die Richtigkeit oder Unrichtigkeit derselben zu erhärten. In einer Versuchsreihe fütterte er zwei Ferkel mit Crapp. Bei dem einen, das 14 Tage den Farbstoff genommen hatte, waren die Knochen vorzüglich in den äusseren Theilen roth, während die inneren Lagen viel weniger gefärbt waren. Das andere, das 14 Tage mit Crapp und ebenso lange ohne den Farbstoff gelebt hatte, fanden sich die Knochen aussen weiss und innen roth.

Viele Experimente derselben Art soll Hunter nach Home auch über das Wachsthum des oberen Femurendes angestellt haben, aus denen hervorging, dass dieser Knochen am oberen Ende Knochenmasse ansetzt, während unterhalb des Kopfes immerwährend solche entfernt wird, so dass der Hals immer dieselbe Form und seine relative Stellung beibehält.

Um das Vorkommen eines interstitiellen Wachsthumes an den Diaphysen der Röhrenknochen zu widerlegen, bohrte er bei einem Schweine zwei Gruben in die Tibia, eine am oberen und eine am unteren Ende des Knochens, in die er Bleikugeln einbrachte. Als der Knochen um ein Bedeutendes an Länge zugenommen hatte, untersuchte er die Grubenabstände und fand er die Gruben nicht weiter von einander entfernt als zur Zeit, wo er sie angelegt hatte. Dieser Versuch, mehrmals wiederholt, gab immer das nämliche Ergebniss.

Ferner cauterisirte H. Knochen und fand, dass die an das todte Stück angrenzenden lebenden Knochentheile erst ihre Erdsalze verloren und dann auch ihrer organischen Bestandtheile verlustig gingen, so dass schliesslich eine immer tiefer werdende Grube zwischen beiden Theilen entstand, und das todte Stück schliesslich ganz abfiel.

Die Schlusssätze von E. Home's Mittheilung lauten im Original p. 280, 281, folgendermassen:

„From these experiments he ascertained the changes which take place in bones during their growth, and the readiness, with which the materials of bones are absorbed; and from these facts laid it down as an established principle,

Diese sehr bemerkenswerthen und ganz richtigen Darstellungen Hunter's hatten lange nicht den Einfluss auf die Lehre von der Gestaltung der Knochen, den sie unstreitig verdienten, woran wohl hauptsächlich der Umstand Schuld war, dass dieselben erst nach seinem Tode in einer wenig bekannten Zeitschrift und mehr in aphoristischer Form veröffentlicht wurden, so dass sie nur langsam zur allgemeinen Kenntniss kamen. In der That findet man auch, dass bis in die 40ger Jahre unseres Jahrhunderts nur Wenige von denselben Notiz nahmen, ausser vielleicht in England, worüber ich nichts Bestimmtes habe in Erfahrung bringen können. In Deutschland und Frankreich dagegen hat bis auf

that the absorbents are the agents, by means of which the bones, during their growth, are modelled as it were and kept of the same shape.

Bones, according to Mr. Hunter's doctrine, grow by two processes going on at the same time and assisting each other; the arteries bring the supplies to the bone for its increase; the absorbents at the same time are employed in removing portions of the old bone, so as to give to the new the proper form. By these means the bone becomes larger, without having any material change produced in its external shape."

3) Descriptive and illustrated Catalogue of the Museum of the R. College of surgeons in London. Vol. I. second edition. London 1852.

Hier finde ich, abgesehen von den vorhin citirten Stellen, folgende auf Hunter's Lehren von der Entwicklung der Knochen bezügliche Stellen:

p. 41 werden unter No. 186 und 187 Hunter'sche Präparate vom Geweih des Dammhirsches erwähnt, welche die Anfänge einer interstitiellen Absorption zeigen, die nach Hunter dem Abfallen des Geweihes vorausgeht; meines Wissens die erste Mittheilung, die diesen merkwürdigen Vorgang zu erklären versucht.

p. 11 und 12 sind zwei Präparate von Fussknochen des Huhnes aufgeführt (No. 188, 189), bei denen das Längenwachsthum durch Einätzen von kleinen Löchern oder durch eingelegte Bleikügelchen nahe an den Enden der Diaphysen studirt worden war. Hunter's Auffassung beider Versuche ergibt sich aus der beigefügten Bemerkung, die seinen ungedruckten Vorlesungen entnommen ist.

„And here I must observe, that a bone does not grow in all its parts, that is, it does not grow by addition of new particles among those already arranged, or in their interstices, but by the addition of parts lengthways or sideways of the bone. This I proved by exposing the bones of young animals and boring holes in them, which were prevented from being obliterated by fixing pieces of leaden shot in them; these bones were examined a considerable time after, when, although the bones had considerably grown, the holes were exactly at the same distance from each other."

p. 256 und Taf. I. und II. endlich betreffen Hunter'sche Experimente mit Crapp und stellen Kiefer und Oberschenkel von Ferkeln da. Erstere sollen darthun, dass bei ihnen die neue Knochensubstanz besonders an der Aussenfläche und an dem vorderen Ende abgesetzt werde, während gegen die Markhöhle zu, dann an der concaven Seite und vorn am aufsteigenden Aste die Absorption vorwiege. Am Femur erkennt man die Ablagerung neuer Schichten an der Aussenfläche mit Ausnahme gewisser Stellen in der Nähe der Enden, welche Hunter als Absorptionsstellen deutet.

4) J. Hunter, On the structure and oeconomy of Whales in Phil. Trans. 1787. Vol. 77 Part I.

Hier werden p. 400 an den Kiefern von Walen, des Elephanten und von gewissen Fischen Absorptionsvorgänge am vorderen Ende angenommen. „If it is true, that the Whale tribe do not shed their teeth, in what way are they supplied with new ones, corresponding in size with the increased size of the jaw? It would appear, that the jaw, as it increases posteriously, decays at the symphysis, and while the growth is going on, there is a constant succession of new teeth, by which means the new formed teeth are proportioned to the jaw. The same mode of growth is evident in the elephant and in some degree in many fish, but in these last the absorption of the jaw is from the whole of the outside, along where the teeth are placed."

5) Oeuvres chirurgicales par J. Hunter, traduction française par Richelot.

Hier findet sich an verschiedenen Stellen im I. und IV. Bande das Knochenwachsthum besprochen und hebe ich den bemerkenswerthesten Ausspruch hervor, der sich auf die äussere Absorption bezieht. Band I. S. 292 heisst es: „Die Art des Wachsthumes der Knochen gestattet der Vermuthung keinen Raum, dass ein Knochen sich entwickeln und seine Form bewahren könne, ohne einer Absorption anheimzufallen. Nehmen wir als Beispiel den Kopf des Femur eines Foetus. Da das Wachsthums des Knochens durch äussere Anlagerungsschichten sich macht, so würde, wenn dieser Vorgang allein stattfände, der Kopf nach und nach einen solchen Umfang annehmen, dass er endlich bis zur Mitte des Knochens ginge, während die innere Höhle sich gleich geblieben wäre. Es ist daher unumgänglich nöthig, dass auch eine Absorption dazu komme, um dem Knochen seine eigenthümliche Form zu erhalten, weshalb ich diese Absorption die modellirende nenne."

Brullé und Hugueny (1845) kein namhafter Anatom oder Physiolog der äusseren Resorption der Knochen gedacht und findet sich selbst die innere Resorption kaum erwähnt.

Die einzige rühmliche Ausnahme bildet Senff, der am Anfange dieses Jahrhunderts in seiner Dissertation (Nonnulla de incremento ossium embryonum. Dissert. inaug. Halae 1801.) nicht nur den Knorpel bei der Ossification resorbirt werden lässt, um dem Knochen Platz zu machen (p. 12), sondern auch annimmt, dass an den Knochen selbst solche Absorptionen sehr häufig seien (p. 13). Hierbei stützt er sich vor Allem auf die Vergrösserung der Markhöhlen, und für die äusseren Resorptionen 1) auf das Schlüsselbein, das trotz seiner Vergrösserung doch stets dieselbe Krümmung beibehalte; 2) auf den Annulus tympanicus, der aus einem kleineren Bogen in einen grösseren Bogen sich umwandle; 3) auf die platten Schädelknochen, die durch Wegnahme der inneren Lamella flacher werden und 4) auf die Sinus frontales und sphenoidales[1]).

Ausser Senff kann auch noch S. Th. Sömmering erwähnt werden, der in seiner Anatomie (Bd. I. 1791) von der Resorption des Knorpels durch die Saugadern spricht und auch die innern Höhlungen und die Sinus der Knochen durch die Wirkung der Vasa absorbentia erklärt (l. c. p. 31, 33, 39); ferner H. F. Meierotto, Diss. de incremento corporis animalis. Halae 1801, den Senff citirt. Weder Sömmering noch Senff scheinen übrigens J. Hunter's Arbeiten gekannt zu haben, wenigstens findet sich derselbe nirgends bei ihnen citirt.

Wir überspringen nun die ersten Decennien unseres Jahrhunderts, in denen die Lehre von der Entwicklung der Knochenformen keinen namhaften Fortschritt machte und wenden uns sofort zu Flourens, dem ersten, der in unserer Zeit die Gestaltung der Knochen an der Hand von Experimenten nach Art derer von Duhamel und Hunter zu verfolgen versuchte[2]). Flourens spricht sich in erster Linie mit aller Bestimmtheit dahin aus, dass die Knochen von Seiten der Beinhaut aus sich verdicken, gestützt auf Fütterungen mit Crapp und die Anwendung von Metallringen, kommt jedoch mit Bezug auf die Art, wie dies geschieht, nicht über Duhamel heraus, indem er der Meinung ist, dass die Beinhaut Lage um Lage zu Knorpel werde und dann verknöchere. Auf der anderen Seite spricht sich aber Flourens auch ganz bestimmt gegen die Extensionstheorie von Duhamel aus und lässt die Markhöhle im Sinne Hunter's durch eine von der Markhaut ausgehende innere Resorption sich vergrössern. Hierbei war für ihn vor allem ein Versuch mit einem um die Tibia gelegten Metallringe entscheidend, bei dem zugleich das Versuchsthier mit Crapp gefüttert worden war, indem in diesem Falle aussen auf dem Ringe rothe Lagen, nach innen von demselben farblose Schichten sich fanden, welche, wie eine Vergleichung mit der Tibia der andern Seite zeigte, die beim Beginne des Versuches amputirt worden war, denen dieses Knochens in der Dicke gleich kamen.

Die Versuche von Flourens über das Längenwachsthum der Knochen, die theils mit Crapp, theils mit Hülfe von eingeschlagenen Metallstiften angestellt wurden, führten ebenfalls zum Verwerfen der Extensionstheorie und zur Annahme, dass dieses Wachsthum durch den Epiphysenknorpel besorgt werde. Das Gesammtresultat seiner Erfahrungen führt Flourens in folgenden kurzen Sätzen vor (l. c. Vorrede): „Que les os croissent en grosseur par couches externes et superposées; qu'ils croissent en longueur par couches terminales et juxtaposées; que, à mesure, que des couches nouvelles sont déposées à la face externe de l'os, des couches anciennes sont résorbées à sa face interne; et que l'ossification n'est que la transformation régulière et successive, du périoste en cartilage et du cartilage en os.“ Und an einem andern Orte (l. c. p. 33) heisst es: „Il y a donc dans l'os, un appareil de

[1]) Senff sagt p. 13: „Non solum autem in cartilagines sed etiam in ossa vires extendunt vasa resorbentia et quidem jam a primo ossium ortu semper in ea agunt, ita ut eorum incrementum eo constet, quod major succi ossei copia ab arteriis advehitur, quam a vasis lymphaticis absumatur. Talem vim corporis, quae ossium fibras ita extendat, ut nova substantia interstitiis intercedat, non agnosco.“

[2]) Recherches sur le développement des os et des dents. Paris 1842. 4°.

formation, et c'est le périoste externe; il y a un appareil de résorption, et c'est la membrane médullaire ou le périoste interne."

Ganz neu ist der Nachweis von Flourens, dass auch von Seite des Markes aus Knochen gebildet werden kann und wurde dies namentlich für die Fälle bewiesen, in denen die äussere Beinhaut zerstört worden war (l. p. 76). Aber auch an normalen Knochen bewies Fl. durch Fütterung mit Crapp Knochenablagerungen im Innern. Da dieselben jedoch von ihm nicht genau verfolgt wurden und er sich auch ausser Stande sah, diese inneren Knochenbildungen mit der von ihm sonst vertheidigten Absorption von Seiten des Markes aus in Einklang zu bringen, so unterliess er es, diese Verhältnisse in seine allgemeinen Sätze aufzunehmen.

Durch diese Untersuchungen von Flourens erhielt die Lehre von der Gestaltung der Knochen einen neuen Impuls, der kurze Zeit darauf in der schönen Arbeit von Brullé und Hugueny einen beredten Ausdruck fand[1]). Diese Forscher kamen in richtiger Deutung zahlreicher Fütterungsversuche mit Crapp nicht nur im Wesentlichen zu denselben Ergebnissen wie Flourens, sondern gelangten auch noch zur Erkenntniss der bisher nur von Hunter und theilweise auch von Senff gewürdigten äusseren Resorption, welche sie freilich ausführlicher nur an den langen Knochen verfolgten, und zwar auch hier ohne auf Einzelschilderungen sich einzulassen. Bei der grossen Wichtigkeit der Sache führe ich hier die Hauptsätze von Brullé und Hugueny wörtlich vor (l. c. p. 287):

1°. „Il y a dépôt des parties osseuses nouvelles soit à la face externe, soit à la face interne des os, mais non pas sur toute l'étendue des deux faces à la fois.

2°. Les regions de chacune des deux faces de l'os où ce dépôt ne se produit pas, sont le siège de la résorption.

3°. Ces faits se passent à la face interne comme à la face externe des os, mais de telle manière que, s'il y a résorption sur une des faces, il y a ordinairement dépôt sur la face opposée.

4°. L'augmentation des os en diamètre a lieu par le dépôt des parties nouvelles à sa face externe, ainsi que l'ont remarqué Duhamel et M. Flourens.

5°. L'augmentation des os en longueur se fait par deux moyens. Les extrémités reçoivent des parties nouvelles: c'est ce que M. Flourens a très- bien reconnu; le corps est soumis à la résorption dans les parties voisines des extrémités, comme Hunter parait l'avoir indiqué.

6°. Les epiphyses se développent séparément à la manière des os courts, c'est à dire par l'addition de substance nouvelle sur certaines parties et par la résorption sur d'autres parties.

7°. Les os plats se présentent, sous le rapport de leur développement, comme les os longs; ils sont soumis au dépôt de parties nouvelles et à la résorption des parties anciennes, pour ce qui concerne du moins leur face externe.

8°. Le périoste et la membrane médullaire sont alternativement les organes du dépôt et de la résorption des parties osseuses; chacune de ces deux membranes a donc les mêmes propriétés que l'autre.

9°. Enfin, la mutation de la matière ne parait consister que dans le mouvement d'augmentation et de résorption, du moins pour ce qui concerne le tissu osseux; elle n'est alors qu'un phénomène d'accroissement."

Unmittelbar nach der Mittheilung der genannten Autoren schloss sich auch Flourens der von denselben vorgetragenen Lehre von der äusseren Resorption an[2]) und trug dieselbe dann noch aus-

---

[1]) Expériences sur le développement des os dans les mammifères et les oiseaux. Mémoire présenté à l'Académie des sciences le 10 Nov. 1845 in Annales des sciences nat. Tom. III. 1845 p. 283.

[2]) Expériences sur la résorption et la réproduction successives des têtes des os, lu à l'Académie des sciences le 8 Dec. 1845 in Ann. d. sc. nat. Tom. IV. p. 358.

führlicher im Jahre 1847 in einer besonderen Schrift vor[1]), die überhaupt den Inbegriff alles dessen enthält, was dieser Autor über die Entwicklung der Knochen gearbeitet hat. In dieser Arbeit, die auffallender Weise der Leistungen von Brullé und Hugueny mit keiner Silbe gedenkt[2]), theilt Flourens einige wichtige neue Versuche mit, die bei den Neueren wenig Beachtung gefunden zu haben scheinen, und daher hier noch erwähnt werden mögen. In einer ersten Reihe von Experimenten wurden, statt Metallringe um die Knochen zu legen, acht jungen Hunden einfach kleine Metallplatten von 4 mm. Länge und 2 mm. Breite unter das Periost der Tibia geschoben und auch an diesen das allmälige Hineinwandern gegen und in die Markhöhle wahrgenommen, so dass eine Platte nach 36 Tagen innerhalb der Markhöhle lag (Ann. de sc. nat. Tom. IV. 1865, p. 105; Théorie expérimentale, p. 23). Eine andere Versuchsreihe hatte den Zweck, die äussere Resorption an den Gelenkenden oder, wie Flourens sagt, die Entfernung der Gelenkköpfe von den Mitten der Diaphysen zu beweisen. Dies wurde dadurch erzielt, dass jungen Kaninchen je ein Metallstift (1) dicht unterhalb der Tuberositas tibiae und ein zweiter Stift (2) in 4 mm. Entfernung davon in die Diaphyse eingebohrt wurde. In 3 Experimenten hatte nach 22, 46 und 66 Tagen die Tuberositas tibiae um 3, 13 und 17 mm. von dem Stifte 1 sich entfernt, während in allen Fällen die Distanz zwischen den Stiften 1 und 2 vier Millimeter geblieben war (Ann. de sc. nat. IV. 1845, p. 360 und Théorie expérimentale p. 28). Endlich beweist Flourens eine äussere Resorption durch das Periost auch noch für Knochen, an denen an einer Stelle die Beinhaut zerstört worden war. Hier wird, sobald eine neue Beinhaut gebildet ist, von dieser aus der abgestorbene Knochen zerstört. Eine ähnliche Resorption zeigt sich auch an fremden Knochenstücken, die man unter die Beinhaut eines gesunden Knochens schiebt.

Nachdem durch die genannten französischen Autoren die alten Lehren Hunter's der Vergessenheit entrissen, in sehr bemerkenswerther Weise erweitert und durch zahlreiche schöne Experimente gestützt worden waren, hätte sich erwarten lassen, dass die Lehre vom Knochenwachsthume und der Gestaltung der Knochenformen durch ein harmonisches Ineinandergreifen von äusserer und innerer Apposition und Resorption von nun an ständiges Eigenthum der Wissenschaft geworden wäre. Es lehrt jedoch die fernere Geschichte dieser Frage, dass dem nicht so war, und dass nur die ältere Lehre von Flourens allgemein sich einbürgerte, während die Anschauungen von Hunter und von Brullé und Hugueny über die grosse Bedeutung einer äusseren Absorption nur ungemein langsam sich Eingang verschafften. Ohne zu untersuchen, wie dem so kam, verfolgen wir einfach die weitere Entwicklung der Lehre von der Bildung der Knochen bis auf die neueste Zeit.

So viel ich habe ermitteln können, bin ich der erste gewesen, der im Jahre 1850 die Ansichten von Brullé und Hugueny aufgenommen hat. In meiner mikroskopischen Anatomie erklärte ich Bd. II. Abth. 1 p. 371, dass ich in Betreff der Angaben der genannten Autoren über eine äussere Resorption an den Röhrenknochen mir vorläufig kein Urtheil erlauben wolle, dagegen erscheine es auch mir als sicher, dass an vielen anderen Stellen auch äusserlich in grösserer oder geringerer

---

[1]) Théorie expérimentale de la formation des os, avec VII planches, Paris 1847.

[2]) Es scheint mir unzweifelhaft, dass Flourens vor den Untersuchungen von Brullé und Hugueny keine klare Anschauung von dem Vorkommen einer äusseren Resorption hatte, obschon er in seinen späteren Arbeiten die Sache so darstellt, als ob er auch diesen Punkt festgestellt habe. Hierbei beruft er sich auf eine Stelle seiner Recherches p. 27, wo es heisst: „Les extrémités des os, ce qu'on appelle ses têtes changent complétement pendant qu'il s'accroit. En effet la tête ou extrémité de l'os qui se trouvait au point ou finit la couche rouge (es ist von Crappfütterung die Rede) et qui avait alors elle même une couche rouge, n'est plus; elle a été résorbée et celle qui est maintenant n'existait pas alors; elle s'est formée depuis." Es ist jedoch hier offenbar nur von inneren Resorptionen in den Gelenkköpfen die Rede, und wusste Flourens, als er die Recherches schrieb, noch kein Wort von einer Resorption von Knochen durch das Periost, denn es ist ja der oft wiederholte Grundgedanke der Recherches der: „Il y a dans les os un appareil de formation, et c'est le périoste externe; il y a un appareil de résorption et c'est la membrane médullaire ou périoste interne" (Recherch. p. 33).

Ausdehnung an Knochen eine Resorption stattfinde. Nur durch eine solche Resorption sei die Vergrösserung des Foramen magnum vom 6. Jahre an, in welchem die dasselbe begrenzenden Stücke verschmelzen, zu denken und dasselbe gelte auch von den Löchern der Wirbel für das Rückenmark und vielen Gefäss- und Nervenöffnungen (Foramen ovale und rotundum, Foramina intertransversaria, Canalis caroticus etc. etc.). Und an einer anderen Stelle desselben Werkes (p. 380) findet sich folgende hierhergehörende Betrachtung: „Sehr räthselhaft und kaum beachtet sind die Formveränderungen der ganzen Knochen während ihrer Entwicklung. Vergleicht man z. B. ein Scheitelbein eines Fötus oder Neugeborenen mit dem eines Erwachsenen, so findet man, dass das erstere eine viel stärkere Krümmung besitzt und nicht etwa nur wie ein aus der Mitte des letzteren ausgeschnittenes Stück sich verhält. Es muss daher dasselbe eine sehr wesentliche Aenderung in der Krümmung seiner Flächen erlitten haben und diese kann, da an mechanische Verhältnisse nicht zu denken ist, nur durch ungleichmässige Ablagerungen innen und aussen, in der Mitte und an den Rändern oder durch Ablagerungen einerseits, Resorptionen andererseits bewirkt worden sein. Dass ungleichmässige Ablagerungen wirklich vorkommen, sehen wir z. B. an den Juga cerebralia und Impressiones digitatae, den Sulci meningei etc., allein mir scheint, dass ohne die Annahme localer Resorptionen an gewissen Stellen nicht auszukommen ist. Oder wie will man sonst die Zunahme des Margo orbitalis superior an Breite, die Vergrösserung des Abstandes der Tubera frontalia auch nach der Verschmelzung der Stirnbeine, die Aenderung der Gestalt des Unterkiefers (das Grösserwerden der Entfernung zwischen den Processus coronoidei und der Spina mentalis, die Aenderung der Krümmung derselben, das theilweise Verschwinden und die Neubildung der Alveolen) u. s. f. erklären? Wir haben schon gesehen, dass auch bei den knorpelig präformirten Knochen etwas der Art durchaus anzunehmen ist und daher werden wir auch hier keinen Anstand nehmen, obschon das Nähere der fraglichen Resorptionen unbekannt ist. Dass im Innern der secundären Knochen solche vorkommen, wurde schon erwähnt. Die Bildung der Diploe, die im 10. Jahre deutlicher wird, beruht auf einer solchen, ebenso die der Sinus frontales und des Antrum Highmori."

Weiter hat dann Virchow bereits im Jahre 1853 (Archiv Bd. V.) ganz bestimmt für einen Absorptionsprocess an der Gehirnfläche der Schädelknochen sich ausgesprochen. Er sagt hier p. 503: „Jeder Schädel unterliegt an seiner inneren Fläche einer allmäligen Verzehrung, denn ohne diese würde die allmälige Vergrösserung des Schädelraumes nicht zu Stande kommen können. Innen ist hier ein langsamer Absorptionsprocess, während aussen neue Schichten aufgelagert werden und immer wieder neue Rindenmassen entstehen. Das Wachsthum am Rande genügt nicht, um die Zunahme des Kopfes zu erklären, wenn es auch gewiss am meisten dazu beiträgt. Es wird daher in jedem Falle eine „Durchbohrung", eine Absorption der Knochen in ihrer ganzen Dicke zu Stande kommen, wo nicht die äussere Auflagerung gleichen Schritt mit der inneren Absorption hält, und je stärker daher der innere Druck ist, um so früher werden membranöse Lücken entstehen. Die hydrocephalischen Lücken sind ja lange genug bekannt." In seinen „Gesammelten Abhandlungen" p. 935 und im Archiv Bd. XIII. p. 347 wiederholt Virchow diese Anschauungen und macht am letztgenannten Orte die normale Absorption an den Schädelknochen vom Drucke des wachsenden Gehirns abhängig und zieht auch die Fälle an, in denen bei Atrophie des Gehirns die Schädelhöhle, bei Atrophie oder Fehlen des Bulbus die Augenhöhle klein blieb (p. 338). Ausserdem wird auch der Unterkiefer erwähnt (p. 339) und von diesem Knochen bemerkt, dass derselbe nicht einfach wie ein Röhrenknochen sich verhalte, vielmehr handle es sich bei demselben in späterer Zeit um ein complicirtes Verhältniss von periostaler Anbildung am Kieferwinkel und allerlei inneren und äusseren Absorptionen und Verschiebungen, welche „inneren Wechsel, die auf wirkliche Dislocationen langsamer Art an den Knochentheilen hinzudeuten scheinen", auf p. 350 noch weiter betont werden.

Gleichzeitig mit der letzterwähnten Arbeit hat auch L. Fick, der geniale für die Wissenschaft viel zu früh verstorbene Marburger Anatom die Gestaltung der Knochen zum Gegenstande einlässlicher,

vor Allem experimenteller Studien gemacht und dieselbe in 3 Abhandlungen besprochen[1]). In den letzten beiden Schriften wird der Nachweis versucht, dass die Knochen eine geringere Intensität des Wachsens haben als die Activgebilde, d. h. die Muskeln, Nervenapparate, Sinnesorgane u. s. w., und desshalb da, wo ihr Wachsthum in mechanischen Conflict komme mit demjenigen der Activorgane, dem Andrange derselben weichen und theils resorbirt werden, theils in die Lücken derselben sich hinein bilden. Als Beweise führt L. Fick in erster Linie das Gehirn vor, das sich seine Kapsel forme und nicht die Kapsel das Hirn. Bei dieser Gelegenheit macht F. auch auf die noch von Niemand beachteten Verschiebungen der Impressiones digitatae und der Furchen für die Sinus und die Arteriae meningeae aufmerksam, welche er als Wirkungen des Wachsthumsdruckes auffasst und mit den pathologischen Druckabsorptionen zusammenstellt, von welchen er als neues Beispiel seltene, durch Cysticercen entstandene Vertiefungen erwähnt.

Eine Reihe von Experimenten ferner lieferte Fick ebenfalls gute Beweise für seine Theorie (s. die Abh. 2 und 3). Exstirpirt man jungen Thieren (die Versuchsthiere waren Hunde, Ziegen, ein Schafböckchen, Katzen und Schweine) das Auge, so bleibt die Augenhöhle kleiner und werden ihre Begrenzungsknochen dicker. Werden die Kaumuskeln einer Seite mehr weniger vollständig abgetragen, so schiebt sich das Planum temporale mit der Crista sagittalis von der gesunden auf die operirte Seite herüber, während die Schläfengrube auf dieser Seite durch ein Dickerwerden der Knochen sich abflacht. Ausserdem wird auch der aufsteigende Ast des Unterkiefers auf der kranken Seite kürzer und dicker.

Nimmt man am oberen Ende der Tibia Theile der Extensores pedis et digitorum weg, so ändert sich die Form der Tibia an dieser Stelle nicht wie sonst, vielmehr bleibt dieselbe mehr von fötaler Form und wird die Rinde dicker.

Endlich theilt L. Fick auch die Folgen verschiedenartiger Verletzungen der die Nasenhöhle begrenzenden Knochentheile mit, welche hier nicht im Einzelnen aufgezählt werden können, die ebenfalls für die Richtigkeit seiner Grundanschauungen sprechen.

Den Behauptungen und Schlussfolgerungen von L. Fick trat anfänglich Virchow entgegen (Archiv 13 p. 323 u. f.), der durch seine Untersuchungen über die Entwicklung des Schädelgrundes, Berlin 1857, zur Anschauung gelangt war, dass die Knochen und Knorpel beim Wachsthume des Skelettes eine selbstständige Rolle spielen. Auch Welcker (Untersuchungen über das Wachsthum und den Bau des menschlichen Schädels, 1862) ist im Allgemeinen der Theorie von L. Fick nicht gewogen und hält das Wachsthum der Knochen für viel bestimmender und selbstständiger. Nach W. „wachsen die umschliessenden und die umschlossenen Theile miteinander“ (p. 20), doch sieht auch er sich genöthigt anzunehmen, dass die Schädelknochen an verschiedenen Stellen dem Andrange der wachsenden Hirnmasse nachgeben und ihre Gestalt abändern, theils in Form resorptiven Schwundes (ich, Virchow), theils durch mechanische Flachbiegung der Ränder, auf welche Welcker mir gegenüber besonderes Gewicht legt. Auf der anderen Seite nimmt Welcker aber auch an, dass im Kleinen und Einzelnen auch der Schädelinhalt unter dem Drucke der festgewordenen Schädelkapsel hier und dort Verschiebungen erleide und die Gehirnmasse sich hier und dort etwas anders lagere und der unnachgiebigen Hülle accommodire. Im Uebrigen hat Welcker die Ansicht von L. Fick nicht richtig aufgefasst, wenn er (p. 21) sich dahin äussert, dass nach Fick und Lucae[2]) die Knochen als Passivorgane erscheinen und von den Weichtheilen geprägt werden, in der Art, dass die Schädelkapsel passiv von dem Schädelinhalte auseinander getrieben werde. Fick spricht nur von grösserer und geringerer

---

[1]) 1) Ueber die Architectur des Schädels, in Müller's Arch. 1853.

2) Untersuchungen über die Ursachen der Knochenformen. Göttingen 1857. Fol. Mit 3 Tafeln.

3) Neue Untersuchungen über die Ursachen der Knochenformen. Marburg 1859. Fol. Mit 4 Tafeln.

[2]) Lucae hat in seiner Morphologie der Racenschädel p. 48 sich ganz an Fick angeschlossen und erklärt, dass das Gehirn seine Schädelhöhle bilde, wie der Zahn seine Alveole.

Intensität des Wachsthums und lässt die Knochen nach den Richtungen des geringeren Widerstandes wachsen.

Es ist im Vorigen erwähnt worden, dass Welcker nicht abgeneigt ist, da und dort auch äussere Resorptionen an den Schädelknochen anzunehmen. Doch ist er nicht dazu gelangt, die Grösse dieser Resorptionen zu erkennen und setzt daher irrthümlich die Abflachung der Schädeldachknochen zum allergrössten Theile auf Rechnung mechanischer Verbiegungen. Auf der andern Seite hat Welcker das Verdienst, auf einen bisher noch nicht beachteten Umstand, das Auseinanderrücken der Foramina spinosa auch nach Verschmelzung der einzelnen Keilbeinstücke aufmerksam gemacht zu haben und hier hält er es für das Wahrscheinlichste, dass dieses Wandern der Löcher die Folge einer an ihrem äusseren Umfange geschehenden Resorption sei, verursacht durch den Druck der auseinanderrückenden Arteriae meningeae mediae. Auch beim Unterkiefer, dessen Formveränderungen zum Theil genauer bestimmt werden, hält es Welcker für möglich, dieselben als Wirkungen äusserer Resorption und periostaler Auflagerung zu erklären (p. 11).

Der Zeit nach folgt nun eine sehr bemerkenswerthe Leistung von Prof. Christian Lovén in Stockholm, die jedoch erst in diesem Jahre zum Theil allgemeiner bekannt wurde[1]) und daher keinen Einfluss auf den Gang dieser Angelegenheit äusserte. Lovén tritt schon im Jahre 1863 ganz in die Fussstapfen von Hunter und Brullé und Hugueny und übertrifft die letztgenannten Forscher dadurch, dass er die Erscheinungen der äusseren Resorption in einem weiteren Gebiete verfolgte. Zugleich ist Lovén auch der erste, der die normalen Resorptionsflächen an der Hand des Mikroskopes verfolgte und nachwies, dass und wie dieselben auf diesem Wege leichter und einfacher als durch Crapp u. s. w. zu bestimmen seien, worüber unten noch näher berichtet werden soll. Wäre Lovén's Arbeit früher bekannt geworden, so hätte sicherlich schon längst diese Angelegenheit ein anderes Ansehen gewonnen, und wäre es mir nicht vergönnt gewesen, dieselbe im vorigen Jahre fast ganz in dem Zustande aufzunehmen, in dem Hunter und Brullé und Hugueny sie gelassen hatten.

Ausser Lovén haben nämlich in neuerer Zeit nur wenige Forscher tiefere Einblicke in die Lehre von der Gestaltung der Knochen gethan, unter denen Lieberkühn bei weitem den ersten Rang einnimmt. Schon im Jahre 1861 (Müller's Archiv p. 748) wies dieser Forscher nach, dass die Geweihe der Cervina in Folge eines eigenthümlichen Resorptionsvorganges, der an den cariösen Process erinnere, abgeworfen werden. Einige Jahre später (Müller's Arch. 1861) stellte derselbe Gelehrte Versuche mit Crapp an und kam mit Bezug auf das Verhalten dieses Farbstoffes zum Knochengewebe zu demselben Resultate, zu dem auch Brullé und Hugueny schliesslich gelangt waren, dem nämlich, dass derselbe nur die neu sich ablagernde Substanz färbe, nicht aber den fertigen Knochen. Lieberkühn benutzte nun auch den Crapp zum Studium des Wachsthumes der Knochen und kam hierbei zu wesentlich denselben Ergebnissen wie Brullé und Hugueny und Flourens, indem er namentlich an der Furcula, den platten Schädelknochen und dem Oberarmbeine der Taube äussere Resorptionen an ganz bestimmten Stellen nachwies, durch welche im Zusammenhange mit Ablagerungen an anderen Orten ganz bestimmte Formveränderungen erzeugt werden. In einer späteren Abhandlung[2]) zeigte er dann noch durch ähnliche Versuche, dass am Unterkiefer des Hundes und Fuchses während des Wachsthumes am vorderen Rande des Processus coronoideus eine Resorption statt hat und dass ebenso an den Wirbeln der Wirbelkanal durch Aufsaugung der oberflächlichen Knochensubstanz sich erweitert.

---

[1]) Studier och undersökningar öfver Benväfnaden, förnämligast med afseende pa dess utveckling. Stockholm 1863. 98 p. Ein Theil dieser Abhandlung ist in einer von Lovén selbst besorgten Uebersetzung unter dem Titel: Ueber die physiologische Knochenresorption, in den Würzburger Verhandlungen 1873 Bd. IV. erschienen.

[2]) Ueber Wachsthum des Unterkiefers und der Wirbel, in den Marburger Sitzungsberichten No. 10. Aug. 1867.

Von anderweitigen Mittheilungen, in denen einer äusseren Resorption ein Einfluss auf die Gestaltung der Knochen zugeschrieben wird, führe ich nur noch an die von Humphry, Uffelmann, Bredichin und Ollier. G. M. Humphry hat schon im Jahre 1864 in einer kleinen bei uns unbekannt gebliebenen Notiz (On the growth of the Jaws in den Transactions of the Cambridge Philos. Society Vol. XI. p. I, 5 S. mit 1 Tafel) das Wachsthum des Ramus ascendens des Unterkiefers des Schweines zum Gegenstande einer experimentellen Untersuchung gemacht, indem er Metalldrähte theils um den ganzen Ramus ascendens anbrachte, theils mit Hülfe eines durch den Ramus gebohrten Loches um die vordere und um die hintere Hälfte fest anlegte. In 2 solchen Experimenten wurde der vordere Draht nach und nach lose und fiel zuletzt ab, während der hintere Draht immer tiefer in den Knochen hinein gelangte, und im ersten Falle wurde der Draht vorn lose und rückte hinten in den Knochen hinein, woraus H. mit Recht auf eine Resorption am vorderen und eine Apposition am hinteren Rande der Ramus ascendens schliesst.

Uffelmann[1]) bestreitet, wie vor ihm R. Volkmann (siehe unten), die Richtigkeit des von H. Meyer und mir seiner Zeit gegebenen Schemas zur Versinnlichung des Wachsthumes der Röhrenknochen und behauptet nach Vergleichung grosser Röhrenknochen verschiedenen Alters mit Recht, dass dieselben nicht einfach durch Apposition an den Gelenkenden und unter dem Perioste wachsen. Uffelmann erschliesst jedoch aus dieser Thatsache keineswegs, wie R. Volkmann, ein interstitielles Wachsthum, vielmehr folgert er mit Hunter und Brullé und Hugueny aus derselben, dass beim Wachsthume an den Gelenkenden eine Resorption statt habe und will diese auch mit dem Mikroskope nachgewiesen haben, indem er an den betreffenden Stellen an der Oberfläche unvollkommene (angefressene oder halbzerstörte) Haversische Lamellensysteme fand (l. c. p. 184).

Bredichin (Med. Centralbl. 1867 p. 563) gedenkt in einer kurzen Notiz über die Bedeutung der Riesenzellen, die er von den Knochenzellen ableitet, auch der Resorption an der Aussenfläche von Knochen und bemerkt ohne nähere Angaben, dass eine solche an einigen bestimmten Stellen vorkomme und die Erhaltung der typischen Formen der Knochen bedinge.

L. Ollier endlich hat in seiner grossen Arbeit über die Wiedererzeugung der Knochen[2]) zwar der äusseren Absorption der Knochen Erwähnung gethan, doch mangelte ihm offenbar jede nähere Einsicht in die grosse Verbreitung und ungemeine Wichtigkeit dieses Vorganges, wie seine eigenen hier angeführten Worte und der Mangel aller und jeder specieller Daten über diese Resorption am besten beweisen: „Cette théorie (die von Hunter und Brullé und Hugueny über die absorption modelante) nous parait indispensable pour comprendre le développement de certains os à forme accidentée; tout démontre l'inégalité du dépôt osseux aux divers points de la surface. Aussi, bien que le mot d'absorption modelante ne soit pas irréprochable, devons nous accepter la chose, et admettre, que c'est par la résorption de la substance osseuse en certains points, et son accumulation dans d'autres, que les os changent de forme. Dans beaucoup de cas, l'inégalité seule du dépôt de substance osseuse suffit pour expliquer ces changements, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer la résorption.“ Im übrigen enthält das Werk Ollier's eine Menge der schlagendsten Versuche zur Demonstration der Bedeutung des Periostes und des Markes so wie des Wachsthumes der Knochen, die zu einer noch genaueren Feststellung dieser Verhältnisse im Sinne der Lehren von Duhamel, Hunter, Flourens und Brullé, und Hugueny führten.

Gleichzeitig mit den zuletzt angeführten Erfahrungen machte sich nun aber auch im letzten

---

[1]) Das Längenwachsthum der Röhrenknochen, in specie die Frage, ob dasselbe mit durch Intussusception geschehe oder nicht, in Deutsche Klinik 1864 No. 15, 16, 18 und 19.

[2]) Traité expérimental et clinique de la régénération des os et de la production artificielle du tissu osseux. Paris 1867. 2. Bd. Victor Masson.

Decennium eine ganz andere Strömung geltend, durch welche das schon von dem alten Clopton Havers angenommene interstitielle Knochenwachsthum zu neuen Ehren gelangen zu wollen schien. Diese Bestrebungen führen auf R. Volkmann zurück, der im Jahre 1862 an der Hand einer Reihe chirurgischer Erfahrungen und anderer Erwägungen den Versuch machte, manche Vorgänge an den Knochen von inneren Expansionen und Schrumpfungen abzuleiten[1]). Gleichzeitig unternahm es Volkmann auch, darzuthun, dass die Aenderungen der Knochen in der Gestalt während ihres Wachsthumes nicht wohl von äusseren Resorptionen herrühren können, wobei ihm namentlich die Veränderungen des Unterkiefers ein unlösbares Problem für die Anhänger der Hunter'schen Lehren abzugeben schienen. In ähnlicher Weise spricht sich derselbe Verfasser auch in einer kurzen Notiz vom Jahre 1870 aus und bringt derselbe hier noch einige weitere Belege aus der chirurgischen Praxis bei[2]).

Schon vor dieser letzten Arbeit Volkmann's war übrigens der Lehre vom interstitiellen Knochenwachsthume ein sehr energischer Förderer in Julius Wolff erwachsen, der ausserdem auch so weit sich verstieg, jedes Wachsthum der Knochen durch Apposition vom Knorpel und von der Beinhaut aus ganz und gar zu leugnen. Zu diesen Behauptungen gelangte W. einmal durch Wiederholung der alten Duhamel'schen Versuche mit Metallringen und Stiften, die ihm ganz andere Resultate ergaben als den Früheren[3]), und zweitens und vor allem in Folge eigenthümlicher, auf den Bau der Spongiosa der Apophysen gestützter Schlussfolgerungen[4]). Bekanntlich hat H. Meyer zuerst ein bestimmtes Gesetz in der Anordnung der Bälkchen und Plättchen der Substantia spongiosa der Knochen nachgewiesen, worauf dann Culmann auf die Uebereinstimmung dieser Architectonik des Knochengewebes bei gewissen Knochen mit den Druck- und Zuglinien der graphischen Statik aufmerksam machte. J. Wolff gebührt das Verdienst, den anatomischen und unter Mithülfe Culmann's auch den mathematischen Theil dieser Frage genauer ausgeführt zu haben (l. c.), wobei er dann aber zu dem auffallenden Schlussresultate kam, dass, weil die Architectonik der Gelenkenden der Knochen in allen Lebensaltern dieselbe sei, ein anderes Wachsthum als das interstitielle hier mechanisch gar nicht gedenkbar sei, welchen Ausspruch er auch noch durch das Urtheil eines ungenannten Mathematikers unterstützte.

Noch vor J. Wolff versuchte auch Ruge[5]) mit Hülfe des Mikroskopes das interstitielle Wachsthum der Knochen zu beweisen, in der Art, dass er bei jungen Hunden oberflächliche Knochenlagen von Röhrenknochen exstirpirte und in diesen Stücken und in den später an der Stelle derselben entstandenen neuen Lagen die Menge der Knochenzellen im Verhältniss zur Zwischensubstanz prüfte. Hierbei fand er in den letzteren Knochenlagen mehr Zwischensubstanz als in den zuerst ausgeschnittenen Stücken, woraus er dann auf eine im Laufe der Entwicklung stattfindende Zunahme der Zwischensubstanz schliesst. Es hat jedoch schon J. Wolff angedeutet (l. c.), dass diese Thatsachen nicht beweiskräftig sind, und mit Recht, denn es wurden ja in Ruge's Versuchen nicht gleich alte Knochenlagen in verschiedenen Zeiten geprüft, sondern Schichten von verschiedenem Alter und da konnte es ja leicht sich ereignen, dass in den älteren Lagen die Zellen dichter standen als in den jüngeren. Allein auch gegen J. Wolff's Schlüsse und Versuche sind in Lieberkühn und mir Gegner entstanden. Lieberkühn[6]) hat einmal die alten Versuche mit dem Einschlagen von Metallstiften in Knochen

[1]) Chirurgische Erfahrungen über Knochenverbiegungen und Knochenwachsthum, in Virch. Arch. Bd. 24. 1862.

[2]) Notiz betreffend das interstitielle Knochenwachsthum, im Centralbl. f. d. med. Wiss. 1870 No. 9.

[3]) Berliner klin. Wochenschrift. 1868 No. 6 u. f.

[4]) Ueber die innere Architectur der Knochen und ihre Bedeutung für die Frage vom Knochenwachsthum, in Virchow's Arch. Bd. 50. 1870.

[5]) Virchow's Archiv Bd. 49 p. 237.

[6]) Zur Lehre vom Knochenwachsthum, in den Sitzungsber. d. Marburger Gesellsch. März 1872. p. 48 u. f.

wiederholt und hierbei Resultate erhalten, die die früheren von Hunter und Flourens vollkommen bestätigen und die abweichenden Ergebnisse der J. Wolff'schen Experimente einem guten Theile nach erklären. Ausserdem erwähnt Lieberkühn, dass ein Mathematiker, dem er die Sache vorlegte, gegen die Appositionstheorie nichts einzuwenden hatte, und macht ferner auf das Wachsthum der Geweihe aufmerksam, das ohne Weiteres die Nichtexistenz eines interstitiellen Wachsthumes beweise, indem die einmal angelegten Sprossen immer in derselben Entfernung von einander bleiben und nur an den Spitzen wachsen.

Von mir endlich wurde im Jahre 1872 bei Gelegenheit der gleich zu erwähnenden Erfahrungen über das Wachsthum der Knochen auch vorläufig und in Kürze gegen die Lehre vom interstitiellen Knochenwachsthume opponirt, indem ich darauf aufmerksam machte, erstens, dass die regelmässige Architectonik der Spongiosa der Gelenkenden auch bei der Annahme von Appositions- und Resorptionsvorgängen in derselben sich erklären lasse, und zweitens nachwies, dass in der That sehr energische und verbreitete Resorptionsvorgänge in der genannten spongiösen Substanz sich finden.

Ich schliesse diese Auseinandersetzung der allmäligen Entwicklung der Lehre vom Knochenwachsthume mit der kurzen Erwähnung der Ergebnisse meiner Untersuchungen, die dann später in dieser Schrift ausführlich dargelegt werden sollen. Bei Gelegenheit einer Durchmusterung von Präparaten von Unterkiefern von Embryonen zur Demonstration der Osteoblasten in meinem mikroskopischen Curse stiess ich Anfangs December 1871 auf die bisher noch nicht bekannte Thatsache, dass die Myeloplaxen Robin's regelmässig im Howship'schen Lacunen liegen, und fand dann bei weiterer Verfolgung dieser Angelegenheit, einmal, dass alle Resorptionsflächen von Knochen und Zähnen Lacunen zeigen und in denselben typisch Riesenzellen enthalten und zweitens, dass eine äussere und innere Resorption und vor Allem die erstere viel verbreiteter vorkommt, als alle früheren Forscher, selbst Brullé und Hügueny, Lovén und Lieberkühn nicht ausgenommen, geahnt hatten. Nachdem ich diese Angelegenheit bis zu einem gewissen Abschlusse gebracht hatte und namentlich zur Ueberzeugung gelangt war, dass die Myeloplaxen die die Knochensubstanz resorbirenden Elemente sind, wesshalb ich sie Ostoklasten zu nennen vorschlug, theilte ich meine Ergebnisse am 23. Februar 1872 der Würzburger physicalisch-medicinischen Gesellschaft mit und veröffentlichte zugleich im Laufe des Monates März eine kurze Notiz[1]) und eine etwas ausführlichere vorläufige Mittheilung[2]), denen dann im Juli 1872 eine zweite Mittheilung folgte[3]), die eine Beschreibung der äusseren Resorptionsflächen des Skelettes des Kalbes und eine gewisse Zahl Versuche mit Crapp enthält. In einer 3. Mittheilung endlich[4]) machte ich einige weitere Thatsachen zur Lehre von der Knochenresorption bekannt und gab auch ein neues Schema zur Darstellung des Gesammtwachsthumes eines Röhrenknochens.

Nach der Mittheilung meiner Erfahrungen folgten auch bald Bestätigungen derselben. Ungefähr einen Monat nach meinem ersten Vortrage über diese Angelegenheit besprach auch der Assistent von Virchow, Dr. Wegener, nachdem er von meiner ersten Publication Kenntniss erhalten hatte, die Vorgänge der normalen und pathologischen Resorption der Knochen in der Sitzung der Berliner

---

[1]) Würzburger Sitzungsberichte vom Jahre 1872. S. V.

[2]) Die Verbreitung und Bedeutung der vielkernigen Zellen der Knochen und Zähne. Vorgetragen am 2. März 1872 in Würzb. Verh. N. F. Bd. II. 243—252.

[3]) Weitere Beobachtungen über das Vorkommen und die Verbreitung typischer Resorptionsflächen an den Knochen, in Verh. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg. N. F. Bd. III. 1872 p. 215—228. Diese Abhandlung und die sub 2) erwähnte sind ausserdem auch auf den Wunsch des Herrn Henri de Lacaze Duthiers in einer von mir besorgten französischen Bearbeitung in den Archives de Zoologie expérimentale, Tom. II. 1873 p. 1—28 mit 1 Tafel Abbildungen veröffentlicht worden, in welcher Arbeit, ausser einigen Zusätzen, auch die Vorgänge beim Abfallen der Geweihe besprochen sind.

[4]) Dritter Beitrag zur Lehre von der Entwicklung der Knochen, in Würzb. Verh. N. F. Bd. IV. 1873.

medicinischen Gesellschaft vom 20. März[1]), doch gelangte er für einmal noch zu keiner ganz bestimmten Anschauung über die Bedeutung und Bildung der Riesenzellen. Bestimmter drückt sich dieser Autor in einer zweiten, im Januar 1873 publicirten Arbeit aus[2]), in der er übrigens die historische Sachlage so darstellt, als ob sein früherer Vortrag über diesen Gegenstand und meine erste Veröffentlichung über die Knochenresorption gleichzeitig gewesen seien, während er doch selbst früher anerkannt hatte (Berl. klin. Wochenschr. No. 21 1872 p. 258), dass er meine erste Publication schon kannte, als er seinen Vortrag hielt. Die neuen Ergebnisse Wegener's stimmen übrigens im Wesentlichen mit den meinigen überein und wird einiges Abweichende und Neue später besprochen werden. Lange vor Wegener's zweiter Arbeit hatte übrigens schon ein italienischer Forscher, Dr. E. Bassini[3]), die Knochenresorption in pathologischen Fällen studirt und war hierbei zu dem schon von mir vorausgesagten Ergebnisse gelangt, dass auch in diesen Fällen die Ostoklasten den Knochen zerstören. Eine zweite Arbeit desselben Forschers[4]) theilt die Ergebnisse seiner Beobachtungen und Experimente ausführlich mit.

Endlich sei noch erwähnt, dass nach meinen ersten Mittheilungen über die Ostoklasten und die Knochenresorption noch eine Lanze zu Gunsten des interstitiellen Knochenwachsthumes gebrochen wurde und zwar von Dr. Strelzoff (Beiträge zur normalen Knochenbildung, im Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1872 No. 29), der bei zahlreichen Untersuchungen über die Entwicklung der Knochen nirgends weder in den periostalen noch in den endochondralen Knochenbildungen eine Spur einer Resorption von Knochensubstanz wahrzunehmen vermochte. Auch in einer zweiten Notiz (Centralblatt 1873 No. 18) bleibt Strelzoff dieser Auffassung treu, und spricht er sich hier auch ganz bestimmt gegen meine Lehre von der Bedeutung der Ostoklasten aus.

In der bisherigen historischen Auseinandersetzung wurden die mikroskopischen Verhältnisse nur nebenbei berücksichtigt und erscheint es nun am Platze, auch die allmälige Entwicklung unserer Kenntnisse von diesen kurz zu beleuchten.

Alle Absorptionsflächen von Knochen (und Zähnen), mögen dieselben im Innern oder an der äusseren Oberfläche sich finden, zeigen ohne Ausnahme kleine mikroskopische Gruben, welche im 2. Decennium dieses Jahrhunderts Howship zuerst gesehen zu haben scheint[5]) und die nach ihm Howship'sche Lacunen heissen. Auch Flourens scheint diese Gruben an den Wänden der Markhöhlen wahrgenommen zu haben und nennt die von ihm angenommene Markhaut „parsemée de petits mamelons et de petits creux", welche in ähnliche Vertiefungen des Knochens eingreifen und diesen auflösen (Recherches p. 36, 37). In ähnlicher Weise beschreiben Brullé und Hugueny auch die äusseren Resorptionsflächen und die Beschaffenheit des Periostes an solchen Stellen (l. c. p. 286), doch geben weder sie noch Flourens genauere Beschreibungen und Abbildungen dieser Verhältnisse.

Die ersten besseren Darstellungen und Abbildungen verdanken wir Tomes und de Morgan,

---

[1]) Berliner klinische Wochenschrift No. 21 vom 20. Mai 1872.

[2]) Myeloplaxen und Knochenresorption, in Virchow's Arch. Bd. 56 p. 523—534.

[3]) Sul processo istologico di riassorbimento del tessuto osseo, nota communicata dal Prof. G. Bizzozero nell' adunanza del 18 Luglio 1872 del reale istituto lombardo. (Rendiconti Vol. V. fasc. XIV.)

[4]) Contribuzione alla Istologia patologica del tessuto osseo, Milano 1873. Con una tavola.

[5]) l. c. p. 120 werden die Wandungen der sich erweiternden Markräume entzündeter Knochen als buchtig dargestellt, als ob sie mit einem halbrunden Meissel bearbeitet worden wären, und zugleich der Inhalt dieser Räume oder das, was H. die Membranen nennt, als das bei der Resorption betheiligte Organ bezeichnet.

die in ihrer vortrefflichen Arbeit über die Knochen[1]) die Knochenresorption ausführlicher besprechen. Dieselbe ist nach ihnen in allen Fällen von der Bildung kleiner mikroskopischer Gruben begleitet, denen sie weiter keinen Namen geben, und bilden sie solche Gruben mehrfach an den Wänden der von ihnen sogenannten Haversian spaces ab. Ausser an diesem Orte fanden sie solche Resorptionsgrübchen: a) in pathologischen Fällen bei Caries, b) unter dem Perioste, wo, ist nicht gesagt, c) an den Wänden der Markhöhlen, d) an den Wurzeln der ausfallenden Milchzähne (p. 130), e) an künstlich in die Knochen eingetriebenen Elfenbeinzäpfchen, die sie von Bowman erhielten (p. 137). In Betreff des Zustandekommens der Resorption findet sich bei diesen Autoren (p. 130) der sehr bemerkenswerthe Ausspruch, dass die Resorption durch Zellen bewirkt werde. Dieselben hatten nämlich sowohl bei Caries als an den Wurzeln der Milchzähne an den Resorptionsflächen Haufen von Zellen gesehen, die sie von Osteoblasten (osteal cells, Tomes und de Morgau) nicht zu unterscheiden im Stande waren und schliessen nun folgendermassen weiter: „When we connect this condition with the fact, that the nucleated cells which form the embryo have the power of appropriating the material, which lies about them to the purpose of their own growth —— it is difficult to resist the belief, that the cells, which lie in contact with wasting bone and dentine, take up those tissues ——. An objection may be raised to the supposition, that the bone is absorbed by cells, on the ground of the density of the former; but it must be borne in mind, that as the density is gradually imparted to the bone through the agency of the adjoining soft parts, there seems no good reason for disbelieving that they may also be instrumental in its removal."

Im Jahre 1859 bildet der eine der genannten Autoren auch die Resorptionsgrübchen der Milchzähne ab (Tomes, A system of dental surgery. London 1859, p. 78 Fig. 33) und erwähnt, dass in denselben Zellenhaufen liegen, die oft an die Myeloplaxen von Robin erinnern, welche Haufen in der Fig. 34 auf St. 79 dargestellt sind.

Im nämlichen Jahre 1852, in dem die genannten englischen Autoren ihre ersten Mittheilungen brachten, beschreibt auch Virchow die Howship'schen Grübchen an pathologischen Knochen (Arch. Bd. IV. p. 302—305) und deutet sie als Product eines Einschmelzens der Knochensubstanz, entsprechend den Gebieten der Knochenzellen in der Art, dass jede Grube einem Theile der Begrenzung des zerstörten Zellenterritoriums entspreche. Diese Darstellung wiederholt Virchow auch später an vielen Orten (Arch. V. p. 427, 446, XIII. p. 334, ferner in allen Auflagen der Cellularpathologie), nur dass er später die freigewordenen Knochenzellen zu Markzellen sich gestalten lässt und gibt im Archiv XIII. Tafel I. Figur 1 eine Abbildung dieser Verhältnisse, die auch in die Cellularpathologie übergegangen ist.

Weiter hat dann Lieberkühn, bei dem, so viel mir bekannt ist, zuerst der Name „Howship'sche Lacunen" vorkommt, diese Grübchen in abfallenden Geweihen gesehen (Müller's Arch. 1861) und später (1867) dieselben auch an den Resorptionsflächen des Unterkiefers von Säugern und der Milchzähne beobachtet, bei welcher Gelegenheit er sich auch entschieden gegen die Ansicht von Virchow ausspricht, dass die Gruben den vermeintlichen Territorien der Knochenzellen entsprechen. Dagegen entging ihm die eigentliche Beschaffenheit des den Grübchen anliegenden Gewebes und schildert er dasselbe einfach als eine Bindesubstanz mit Kernen.

Im Jahre 1863 beschreibt Chr. Lovén (l. s. c.) die Lacunen genau und vergleicht das den Resorptionsflächen anliegende Gewebe dem Granulationsgewebe und nennt es gefässreiches, zellenreiches, rothes oder fötales Mark. Die Knochenzellen wandeln sich nach Lovén nicht durch Einschmelzen der Grundsubstanz in dieses Gewebe um, wie Virchow annimmt, vielmehr löst das betreffende Gewebe den Knochen auf. Lovén fand selbst oft Myeloplaxen in den Lacunen und legte sich die Frage vor,

[1]) Observations on the Structure and Development of Bone, read June 10. 1852, in Phil. Trans. 1853.

ob diese eigenthümlichen Zellen in einem Zusammenhange mit der Resorption stehen, die er jedoch nicht entscheidet, indem er auch an die Möglichkeit denkt, dass die Riesenzellen aus den frei werdenden Knochenzellen entstehen.

Das letzte Jahrzehnt hat nun noch mancherlei Mittheilungen über Lacunen und Myeloplaxen gebracht, die jedoch fast alle aphoristisch sind und kaum etwas Neues bringen. Kehrer[1]) beschreibt die Gruben an den Milchzähnen und Gutheim[2]) bildet dieselben genau ab (Taf. I. Fig. 9 u. 10), erwähnt auch wie Hermann[3]) das Vorkommen von Myeloplaxen in der Zahnearunkel, ohne deren typische Lage zu kennen (l. c. p. 13). Aehnliche Angaben über Lacunen an den Milchzähnen hat auch Wedl[4]) und fand er dieselben sogar am Schmelz. Billroth[5]) hat wie Tomes und de Morgan die Arrosionen von Elfenbeinstiftchen gesehen und lässt wie Lovén das Granulationsgewebe den Knochen auflösen. Rindfleisch[6]) bildet Lacunen ab zum Theil mit Myeloplaxen in denselben und lässt die letzteren aus den Knochenzellen hervorgehen; ebenso Bredichin[7]), nur dass dieser, wie wir oben sahen, diese Umwandlung in eine bestimmte Beziehung zu den physiologischen und pathologischen Resorptionsvorgängen bringt. Ueber Myeloplaxen und Lacunen bringen endlich auch noch Nassilof[8]), Soborow[9]) und Levschin[10]) manches brauchbare Detail, ohne den Kern der Sache zu erfassen.

---

[1]) Centralblatt 1867 p. 737 und 1870 p. 705.

[2]) Untersuchungen über die Vorgänge beim Zahnwechsel Giessen 1871.

[3]) Einiges über die Vorgänge bei der 2. Zahnung. Halle 1869. Diss.

[4]) Pathologie der Zähne. Leipzig 1870. p. 52—55, Holzschnitt 23, Atlas Fig. 111, 112.

[5]) Allg. chirurg. Pathol. und Therapie. 4. Aufl. 1869, p. 195.

[6]) Pathol. Histologie.

[7]) Centralblatt 1867 No. 36.

[8]) Centralblatt 1870 p. 769 u. 785.

[9]) Centralblatt 1871 No. 16.

[10]) Centralblatt 1867 No. 38.

II.

Eigene Beobachtungen.

A. Die Resorption von Knochen- und Zahngewebe in ihrem mikroskopischen Verhalten.

An allen Stellen, an denen Knochen- oder Zahngewebe einer normalen Resorption unterliegt, lassen sich mit Hülfe des Mikroskopes zwei bestimmte Formverhältnisse nachweisen, einmal kleine, an der Resorptionsfläche befindliche Grübchen, die sogenannten Howship'schen Lacunen, die ich von nun an, um Verwechselungen mit den Knochenhöhlen, Lacunae ossium, zu vermeiden, Howship'sche Grübchen, Foveolae Howshipianae, nennen will, und zweitens grössere, in diesen Grübchen gelegene Zellen, die von mir sogenannten Ostoklasten (Myeloplaxes, Robin, vielkernige Zellen ich, Riesenzellen Virchow).

1. Howship'sche Grübchen.

Die Howship'schen Grübchen zeichnen sich durch ihr vielgestaltiges Ansehen aus, sodass es kaum möglich ist, eine für alle Fälle zutreffende Beschreibung zu geben, wesshalb ich vor Allem auf die Figg. 3, 5, 6, 8, 9 und 12 der Taf. I. verweise, die treu nach der Natur gezeichnet sind, und die Grübchen zum Theil von der Fläche, zum Theil im Profile (Fig. 3, 5, 9) wiedergeben. Im Allgemeinen ist das Aussehen einer mit solchen Grübchen besetzten Knochenfläche so, wie wenn mit Hohlmeisseln verschiedener Grösse und verschiedener Form tiefere und minder tiefe Grübchen in wechselnder Menge und Vertheilung aus derselben ausgeschnitten worden wären, welches unregelmässige Aussehen in manchen Fällen jedoch einem mehr gleichmässigen Platz macht. In der Regel sind die Howship'schen Grübchen rundlich oder dem Rundlichen sich annähernd, doch kommen auch andere Formen vor, wie namentlich solche die einen oder zwei Ausläufer besitzen (Taf. I. Fig. 12), oder Grübchen mit polygonalem Contour (Taf. I. Fig. 6). Ihre Tiefe ist auch sehr wechselnd, so dass die in den Grübchen befindlichen grossen Zellen oder die Ostoklasten bald dem Knochen einfach anliegen (Taf. I. Fig. 3, 5, 9), bald (Fig. 3, 5) mehr weniger in denselben eingelassen sind; doch möchte es wohl nur selten vorkommen, dass die Ostoklasten ganz und gar in die Grübchen vergraben sind, und erinnere ich wenigstens mich keinen Falles, in dem dieses zu beobachten gewesen wäre.

Wie die Tiefe und die Form, so ist auch die Grösse, Menge und Vertheilung der Grübchen sehr wechselnd. Zwischen Flächen, die ohne nennenswerthe Zwischenräume Grübchen an Grübchen zeigen (Taf. I. Fig. 6) und solchen, an denen die Grübchen nur in grösseren Abständen, theils vereinzelt, theils in Häufchen oder Gruppen von verschiedener Grösse sich finden, gibt es alle denkbaren Uebergänge und stimmt leicht begreiflicher Weise die Menge der Grübchen mit der Energie der Resorptionsvorgänge überein, so dass bei grösseren Resorptionsflächen die Mitte in der Regel die zahlreichsten, am meisten gehäuften *Foveolae Howshipianae* darbietet, während dieselben gegen deren Rand zu je länger, je spärlicher werden. Doch gibt es hiervon auch Ausnahmen, und finden sich Fälle, in denen auch an den Grenzen von Resorptionsflächen noch zahlreiche Grübchen vorkommen. Die Grösse der Grübchen anlangend, so zeigen Resorptionsflächen in ihren mittleren Theilen grössere Grübchen, gegen die Ränder zu dagegen kleinere solche Bildungen, welche schliesslich häufig an Stellen, wo solche Flächen an Appositionsflächen grenzen, in ein besonderes System kleinerer Grübchen übergehen, das alle Beachtung verdient und als dasjenige der Uebergangsgrübchen bezeichnet werden soll. Solche Uebergangsgrübchen kommen auch vereinzelt für sich vor, wie z. B. an den Balken der *Substantia spongiosa* und sind theils als in der Entwicklung begriffene ächte Howship'sche Grübchen zu deuten, theils stellen sie in der Rückbildung begriffene solche Gebilde dar, was im einzelnen Falle nur aus der Verfolgung des ganzen Ganges der Entwicklung zu entnehmen ist.

Die Howship'schen Grübchen sind immer von scharfen Rändern begrenzt und mit ganz glatten Flächen versehen und werden ohne Ausnahme von ganz normalem Knochengewebe begrenzt. Veränderungen der Knochenzellen und Höhlen in der Nachbarschaft der Grübchen, die verschiedene Autoren gefunden haben wollen, habe ich bis anhin in keinem Falle an normalen Knochen wahrzunehmen vermocht, und zeigten an solchen Stellen die Knochenzellen immer nach Form, Inhalt und Grösse das normale Verhalten. Rückt das Howship'sche Grübchen bei vorschreitender Resorption in den Bereich einer Knochenhöhle, so wird dieselbe einfach eröffnet und geht nach und nach durch das Schwinden des umgebenden Gewebes verloren, wobei sich nicht ermitteln lässt, was aus der Knochenzelle oder dem Inhalte der Knochenhöhle wird. Ebenso wenig wie die Knochenhöhlen verändert sich die Knochengrundsubstanz bei der Resorption und zeigt auch diese in der Nähe der Foveolen weder eine Erweichung, wie bei der Osteomalacie, noch ein Zerfallen in kleine Partikelchen oder Krümel. Doch kann es geschehen, dass da, wo die Resorption Balken und Blätter von *Substantia spongiosa* trifft, dieselben an den Spitzen so zerstört werden, dass da und dort kleine Splitter von Knochensubstanz zurückbleiben.

An den Milchzähnen verhalten sich die Howship'schen Grübchen im Wesentlichen wie bei den Knochen (Taf. I. Fig. 6, 7) und schreiten ebenso wie dort beim Vorrücken der Resorption in ganz normalem Cement- oder Dentingewebe weiter. Dasselbe gilt von den Howship'schen Grübchen der Elfenbeinstifte, die in lebende Knochen eingebracht worden waren.

Die Grösse der Howship'schen Grübchen habe ich an vielen Stellen gemessen und gebe ich über dieselbe folgende kleine Tabelle:

Tabelle I.

Name des Geschöpfes.	Grösse der Howship'schen Grübchen in mm.
1. Mensch.	
Aussenfläche des Humerus eines Kindes von 7 Monaten	0,016—0,097
Schädelfläche des *Os occipitis* eines Neugebornen . .	0,027—0,081
Cavitas glenoidea ossis temporum eines 1jähr. Kindes	0,010—0,064
2. Schwein.	
Proc. coronoideus des Unterkiefers	0,027—0,108
Resorptionsfläche eines Milchbackzahns	0,020—0,108

Name des Geschöpfes.	Grösse der Howship'schen Grübchen in mm.
3. Kalb.	
Aussenfläche des Humerus	0,016—0,080
Sinus frontalis	0,027—0,081
Metatarsus	0,032—0,100
4. Hund.	
Zwischenkiefer	0,016—0,081
Innenfläche des Schädeldaches	0,016—0,054
5. Pferd.	
Stirnhöhle eines Füllen	0,016—0,043
6. Elephant.	
Unterkiefer eines jungen Thieres	0,025—110
7. Huhn.	
Tibia, Aussenfläche	0,016—0,043
8. Testudo graeca.	
Rückenschild, pathol. Erosion	0,016—0,112
9. Emys europaea.	
Wirbel	0,010—0,037
10. Alligator spec.	
Humerus	0,027—0,064

2. Ostoklasten[1]).

Im Allgemeinen mit den Howship'schen Grübchen übereinstimmend jedoch noch vielgestaltiger sind die in denselben gelagerten Ostoklasten (Myeloplaxen, Robin, von μυελὸς Mark und πλὰξ Platte, vielkernige Zellen ich, Riesenzellen Virchow). Diese von Robin[2]) und von mir (Mikrosk. Anat. II. 1) fast gleichzeitig und unabhängig von einander aufgefundenen Elemente verdienen als die eigentlichen Vermittler der Knochen- und Zahnresorption die grösste Beachtung, doch hat leider die mikroskopische Analyse derselben noch keine Thatsache an die Hand gegeben, aus welcher die eigentliche Art und Weise ihrer Wirkung sich erschliessen liesse.

Die Beschaffenheit der Ostoklasten im Allgemeinen anlangend, so sind dieselben grosse, abgeplattete, anscheinend hüllenlose Elementarorganismen, im Umrisse rund oder länglichrund, ganzrandig oder mit Zacken oder einfachen und verästelten Fortsätzen versehen. Ihre Masse ist ungemein fein und gleichmässig körnig und enthält eine grössere, oft sehr grosse Anzahl von rundlichen oder länglichrunden Kernen.

Im Einzelnen ist nun Folgendes namhaft zu machen:

Die Gestalt der Ostoklasten ist so ungemein wechselnd, dass sich kaum eine specielle Beschreibung derselben geben lässt. Im Allgemeinen unterscheide ich Ostoklasten ohne Fortsätze und solche mit Ausläufern. Die ersten sind rund oder länglichrund oder von der Gestalt eines Eies, einer

---

[1]) *Οστοκλάστης,* der Knochenbrecher.

[2]) Ch. Robin (Sur deux nouvelles espèces d'éléments anatomiques, in Compt. rend. et Mém. de la Société de Biologie. Paris 1849, Tom I. p. 149 et Tableaux d'anatomie. Paris 1850, 7. tabl. No. 4 et 9. tabl. No. 23 et 23 bis) beschreibt die Ostoklasten unter den Namen: Plaques ou lamelles à noyaux multiples ou multinucléées des os et globules sphériques multinucléées de la moëlle des os. Ausserdem bespricht er dieselben ausführlicher als Myeloplaxen im Journal de l'Anat. et de la Physiol. Bd. I. pag. 88—109, Tab. I—III.

Birne oder eines Bisquits (Taf. I. Fig. 6, 7, 12), die andern von den mannigfachsten Formen, mit Bezug auf welche ich vor Allem auf die Fig. 12 auf Taf. I. und die Figg. 86—88 auf Taf. VIII. verweise. Analysirt man diese Abbildungen, so treten vor Allem zwei Gestalten hervor, einmal Körper, die wie aus einem Aggregate einfacherer Formen bestehen und zweitens solche, die Ausläufer von geringerer Breite besitzen. Die einzelnen Theilstücke der ersteren Gebilde sind rundlich, länglichrund oder birnförmig, und bald durch schmale, kürzere oder längere Brücken von einander geschieden, bald inniger vereint und nur durch Spalten mehr weniger tief getrennt. Kommen Ausläufer vor, so finden sich dieselben entweder nur in der Ein- oder Zweizahl oder zu 5—10 und darüber, kürzer oder länger, schmäler oder breiter und von allen Formen, vom Fadenförmigen bis zur Gestalt einer Warze, eines Kegels oder einer Keule oder in noch anderweitigen unregelmässigen Gestalten, auch wohl mit einzelnen Theilungen. — Man glaube nun übrigens nicht, dass die beiden unterschiedenen Formen scharf von einander geschieden seien, vielmehr kommen neben rundlichen Theilstücken auch lange schmale Ausläufer an einem und demselben Elemente vor.

Die grosse Mehrzahl der Ostoklasten ist ferner abgeplattet, so dass die Dicke etwa ein Dritttheil bis die Hälfte der Länge oder des Breitendurchmessers beträgt, doch kommen auch nicht selten Fälle vor, in denen die Dicke bedeutender ist, ja selbst die Gesammtform der Körper der Kugelgestalt sich nähert (Taf. I. Fig. 3, 5).

Eine eigenthümliche Erscheinung sind von mir zuerst gesehene[1]) wimpernartige Härchen oder Fäden, die in manchen Fällen die ganze dem Knochen zugewendete Seite der Ostoklasten in Gestalt eines dichten Filzes besetzen, Gebilde, die auch Wegener bestätigt (l. c. p. 525). Eine genauere Untersuchung dieses Verhältnisses beim Kalbe hat mir gezeigt, dass diese Gebilde oder Andeutungen von solchen an möglichst frisch untersuchten Ostoklasten sehr häufig sind, doch bin ich hierbei auch noch auf andere Verhältnisse gestossen, die diese Bildungen mit den porösen Deckeln der Darmcylinder auf eine Stufe zu stellen scheinen. Ich finde nämlich an vielen Ostoklasten einseitig helle, 3—5 μ dicke Säume, in welche weder die körnige Substanz noch die Kerne hineinragen (Taf. VIII. Fig. 87a). Der freie Rand dieser Säume ist nicht selten wie feinzackig oder fransig, ihr Inneres manchmal stellenweise unscheinbar streifig, und von Ostoklasten mit solchen Säumen führen dann zahlreiche Uebergänge zu anderen, in denen statt des Saumes ein Filz gerader, dicht beisammen stehender Härchen sich findet (Fig. 87a'). Ein Zerfallen einfach heller Säume in Härchen künstlich hervorzurufen ist mir bisher weder durch Wasser, noch durch Essigsäure oder Kali gelungen, obschon dieselben in dem letzteren Reagens etwas quellen, und vermag ich daher doch nicht die volle Uebereinstimmung dieser Bildungen mit den porösen Säumen der Darmcylinder zu behaupten, in welcher Beziehung ich auch noch hervorzuheben habe, dass die Säume der Ostoklasten nie so zierlich streifig sind, wie die der vorhin genannten Localität.

Abgesehen von diesen wimpernartigen Bildungen sind auch sonst die Ränder und Flächen der Ostoklasten durchaus nicht immer ganz und glatt und scharf, sondern häufig mit kleinen Unebenheiten und Zähnelungen versehen. Diese letztgenannten Formen und auch die grosse Mannigfaltigkeit der Gesammtform der Ostoklasten überhaupt legten die Frage nahe, ob diese Gebilde nicht contractil seien. Es spricht jedoch von vorneherein gegen eine Contractilität der Umstand, dass den Ostoklasten von zusammengesetzter Form ganz ähnlich beschaffene Howship'sche Grübchen entsprechen (Taf. I. Fig. 12), auch hat sich bei Untersuchung derselben mit Hülfe des erwärmten Objecttisches, wie Bizzozero zuerst gezeigt hat, keine Contractilität nachweisen lassen. Ich kann dies für die Ostoklasten des Kalbes bestätigen, doch möchte ich für einmal die Frage offen lassen, ob nicht die cilienartigen feinen Fortsätze vielleicht doch Beweglichkeit besitzen, indem es mir bisher noch nicht geglückt ist, dieselben bei höherer Temperatur zu prüfen.

[1]) Würzb. Verhandl. N. F. Bd. II. p. 250.

Die Zusammensetzung der Ostoklasten anlangend, so scheinen dieselben hüllenlose Bildungen zu sein und wie die Nervenzellen aus einer weichen, aber nicht flüssigen Zellensubstanz und Kernen zu bestehen. Ich habe jedoch in manchen Fällen beim Kalbe eine dünne Corticalschicht an ihnen gefunden, die deutlich von der Hauptmasse der Körper abstand, und bald ringsherum oder nur an einer Seite wahrzunehmen war (Fig. 87b). Selbst bei Zusatz von Kochsalz von ½ % waren solche Bildungen zu sehen noch deutlicher in Essigsäure. Da jedoch nach Kochsalzzusatz an manchen Ostoklasten an der äusseren und Oberfläche auch helle warzenförmige oder kugelige Bildungen auftraten, die wie herausgequollener Inhalt (sog. Eiweisstropfen) erschienen (Fig. 87c) und an solchen Tropfen durch Essigsäure auch der Anschein einer umgebenden Membran entstand, so wage ich nicht mich bestimmt für die Existenz einer Hülle auszusprechen, wogegen eine etwas festere Rindenschicht wird angenommen werden dürfen, in welche Kategorie auch die hellen Säume fallen würden.

Die die Hauptmasse der Ostoklasten bildende Substanz kann nicht als Protoplasma angesprochen werden, wenn man nicht dieses Wort auf jede beliebige Zellensubstanz anwenden will, was allerdings oft geschieht, aber nicht zu rechtfertigen ist. Dieselbe quillt in Wasser nicht auf und verändert sich überhaupt in demselben wenig, und erträgt einen bedeutenden Druck, ohne ihren Zusammenhalt zu verlieren, möchte demnach wie die Substanz der Nervenzellen eine weiche, aber mit einer gewissen Zähigkeit begabte Masse sein, wofür auch spricht, dass die eingebetteten Körnchen niemals Molecularbewegung zeigen. Was an ihr am meisten in die Augen springt ist, dass dieselbe ungemein fein und gleichmässig granulirt ist, so dass man oft unwillkürlich an Mikrokokken erinnert wird. Das körnige Wesen rührt von kleinsten rundlichen Körnchen her, welche in eine helle Grundsubstanz eingebettet und schwer näher zu charakterisiren sind. Ich finde, wenn auch nicht immer, doch sehr häufig zweierlei Granulationen, ganz blasse und etwas dunklere. Letztere schwinden nach Essigsäurezusatz, während die ersteren sich erhalten, was übrigens mit Robin's Angabe nicht stimmt, nach der alle *Granula* in *Ac. aceticum* vergehen sollen. Diese Lösung aller Körner sah ich nur in diluirtem *Kali* und *Natron causticum*, in welchen die Ostoklasten ganz blass und homogen werden, jedoch ohne zu quellen, wogegen in Essigsäure die Grundsubstanz schwach aber deutlich etwas an Volumen zunimmt.

Ausser diesen feinsten Körnchen können, wie schon Robin mitgetheilt hat, auch noch dunkle, schwach gelbliche, etwas grössere Körnchen vorkommen und dann glaube ich in einzelnen Ostoklasten der Milchbackzähne des Schweines auch Kalkkrümel gesehen zu haben, welche neulich Wegener auch in einem pathologischen Falle beim Menschen wahrgenommen hat (Virchow's Arch. Bd. 56 p. 524).

Die Grundsubstanz der Ostoklasten kommt, wie bemerkt, in Kochsalz von ½ % häufig in Form heller Tropfen an der Oberfläche zum Vorschein, während sonst kaum die Gelegenheit geboten ist, derselben mit Bestimmtheit ansichtig zu werden, es sei denn, man rechne die membranartige Rindenzone mancher Ostoklasten oder die hellen Säume zu derselben.

Der zweite sehr in die Augen springende Bestandtheil der Ostoklasten sind Zellenkerne (Taf. I. Fig. 3, 7, 9, 12; Taf. VIII. Figg. 86—88). Von Gestalt rundlich oder länglichrund kommen dieselben in sehr wechselnder Menge vor, in kleinen Ostoklasten zu 1—5, in grossen zu 10—20, ja selbst 50 und 60, wie ich gezählt habe. Ebenso wechselnd ist ihre Stellung, indem sie bald über den ganzen Zellenkörper gleichmässig zerstreut sind, bald in den einen Gegenden gehäuft stehen oder selbst alle zusammen nur Einen Haufen bilden, was namentlich dann sich findet, wenn ihre Zahl beschränkt ist. Schmale Zellenausläufer und Brücken von Zellentheilen ferner enthalten gewöhnlich keine Kerne, während alle massigeren Abschnitte der Ostoklasten in der Regel solche führen; doch gibt es auch Fälle, in denen breitere Zellenabschnitte derselben ermangeln. Im übrigen besitzen die Kerne die gewöhnlichen Charaktere, zeigen scharfe Umrisse, ein helles Innere und meist 1—2 sehr deutliche Nucleoli.

Nach Robin gibt es auch Ostoklasten ohne Kerne, was ich in so fern unterschreiben kann,

als auch ich in gewissen Fällen solche Elemente beim Menschen gesehen habe, in denen mit den besten Linsen und unter Anwendung verschiedener Reagentien die Kerne nicht zu sehen waren. Man darf jedoch aus solchen Fällen noch nicht den Schluss ableiten, dass wirklich beim Menschen Ostoklasten ohne Kerne vorkommen, indem jeder, der hier Ostoklasten in grösserer Zahl untersucht hat, weiss, wie schwer oft die Kerne zu sehen sind, während dieselben in anderen Fällen ohne Weiteres schön zu Tage treten. In den meisten Fällen bringt übrigens auch beim Menschen Essigsäure blasse oder gar nicht wahrnehmbare Kerne deutlich und meist etwas gequollen zum Vorschein, doch gibt es auch Ostoklasten, bei denen dieses Reagens im Stich lässt. Dann wirkt manchmal *Kali causticum concentratum*, das die Kerne als blasse Vacuolen zeigt, doch ist das einzig sichere und untrügliche Mittel der Carmin, und können meinem Erachten zufolge keine Ostoklasten als kernlos bezeichnet werden, wenn nicht vorher die Färbung mit Carmin erfolglos versucht worden ist. Zur Unterstützung des eben Bemerkten erwähne ich nur noch, dass bei Thieren die Kerne der Ostoklasten nie vermisst werden. Man sieht sie hier meist schon sehr deutlich in Kochsalz und wo ein gewisser Mangel an Schärfe vermisst wird, bringt ohne Ausnahme Carmin oder Essigsäure dieselben in der schönsten Weise zum Vorschein.

Die Grösse der Ostoklasten anlangend, so gebe ich hier einige Maasse, die genügen werden, um ihr Verhalten nach dieser Seite zu kennzeichnen.

Beim Kalbe fand ich an den Wänden der Stirnhöhlen die Ostoklasten 0,054—0,248 mm. lang und 0,016—0,064 breit. Bei einigen, bei denen ich Länge und Breite mass, erhielt ich folgende Zahlen:

Länge.	Breite.
0,037	0,016
0,054	0,050
0,080	0,032
0,081	0,054—0,064
0,091	0,053
0,102	0,054

In den Gelenkenden der Diaphysen der Röhrenknochen eines älteren Kalbsembryo erhielt ich bei vorzugsweiser Messung der längsten Formen folgende Reihe:

Länge.
0,032
0,077
0,064
0,113
0,135
0,140
0,162
0,216

Ein menschlicher Embryo von 4 Monaten zeigte im Metatarsus Ostoklasten von 0,021 bis 0,081 mm. Länge und bei einem Neugeborenen fand ich an der äusseren Oberfläche des Femur unter der Beinhaut folgende Grössen:

Länge.	Breite.	Dicke.
0,054	—	—
0,043	0,032	0,016
0,064	0,043	0,021—0,027
0,064	0,027—0,032	0,021
0,091	0,030	0,020
0,054	0,032	—
0,075	0,037—0,038	0,016—0,021

Vergleicht man diese Grössen mit den für die Howship'schen Grübchen gefundenen, so zeigt sich, dass dieselben zum Theil einander entsprechen. Zum Theil sind aber die Ostoklasten grösser als die Grübchen, was beweist, dass dieselben in gewissen Fällen über mehrere solche sich erstrecken. — Die Kerne der Ostoklasten messen 6—10 μ im Mittel.

Das Vorkommen der Ostoklasten anlangend, so kann hier nicht davon die Rede sein, die Gegenden aufzuzählen, an denen dieselben vorkommen, da diese weiter unten bei Beschreibung der Resorptionsflächen ausführlich werden beschrieben werden. Es handelt sich somit nur darum, zu bezeichnen, in welchen Lebensaltern dieselben gefunden werden. Das erste Auftreten derselben findet für die meisten Gegenden schon bei Embryonen statt, doch gibt es auch später noch Stellen und Fälle, in welchen Ostoklasten neu auftreten, wie z. B. beim Ausfallen der Milchzähne, beim Abwerfen der Geweihe, an den Kiefern beim Zahnwechsel und noch an manchen Stellen, wo neu auftretende Knochenvorsprünge, Höhlenbildungen u. s. w. die Bildung neuer Resorptionsflächen bedingen. In Betreff der Embryonen werden unten einige specielle Daten beigebracht werden und bemerke ich daher hier nur ganz im Allgemeinen, dass im Innern aller Knochen kurz nach dem Auftreten der ersten Gefässe in denselben auch Ostoklasten erscheinen und dass auch die äussere Oberfläche der Kopfknochen diese Gebilde sehr früh zeigt, wogegen ihr Erscheinen an der Aussenfläche der Rumpf- und Extremitätenknochen im Allgemeinen an das Auftreten der typischen Vorsprünge dieser Knochen gebunden ist.

So lange das Skelett wächst, erhalten sich in grösserer oder geringerer Ausdehnung Resorptionsvorgänge an demselben und eben so lange finden sich auch Ostoklasten; dagegen glaube ich es als Regel bezeichnen zu müssen, dass dieselben mit der vollen Ausbildung des Skelettes verschwinden und beim Erwachsenen im mittleren Alter in der Regel fehlen, womit auch Wegener übereinstimmt, wogegen Robin das Gegentheil behauptet (Journal de l'Anat. et de la Phys. I. p. 90).

Ich muss nun allerdings bemerken, dass ich bei meinen Untersuchungen über das Vorkommen der Ostoklasten bei Erwachsenen nur das Innere der Knochen mit rothem Mark, und vor Allem die Wirbelkörper prüfte und dann die bei jüngeren Knochen als Resorptionsflächen erscheinenden Stellen aussen an den Gelenkenden, doch wird das, was ich hier fand, wohl als ziemlich maassgebend erachtet werden dürfen. Von 6 Erwachsenen von 34—62 Jahren fand ich bei vieren gar keine Ostoklasten, bei einem Weibe von 48 Jahren sehr vereinzelte kleine solche Bildungen, und nur bei einem Manne von 62 Jahren waren dieselben ziemlich zahlreich vorhanden, jedoch nicht gross (von 0,026—0,048 mm.), rund oder länglichrund und nur mit 1—4 Kernen. Bei diesem Individuum waren aber auch an manchen Stellen der Wirbelsäule pathologische Zustände da, wie namentlich Verknöcherungen der *Ligamenta intervertebralia.*

Im höheren Alter, wo Atrophie des Skelettes in mannigfachen Gegenden (Schwinden der Kieferränder, Rarefaction der Spongiosa u. s. w.) eintritt, findet sich nun auch wieder Resorption und im Begleite derselben Ostoklasten, wie an den Skeletten von jungen Individuen.

Zur Entwicklung der Ostoklasten übergehend, wird vor Allem ihre Bedeutung in's Auge zu fassen sein. Meiner Meinung zufolge unterliegt es keinem Zweifel, dass die grosse Mehrzahl derselben den Werth ächter, mehr weniger umgewandelter, wahrscheinlich hüllenloser Zellen besitzt und kann es nur in Frage kommen, ob auch die zusammengesetzten mit vielen Ausläufern versehenen oder aus mehrfachen grössseren Abtheilungen bestehenden Elemente der Art ebenso zu deuten sind. Hier sei erwähnt, dass Wegener in einem pathologischen Falle und dann normal am Stirnbeine des Neugeborenen die Ostoklasten, oder, wie er sie nennt, Myeloplaxen als netzförmig verbunden beschreibt und diese „Myeloplaxennetze" als regelrechte typische Bildungen aufzufassen scheint (l. c. p. 525, 529). Es könnten somit auch Formen wie die auf Taf. VIII. Fig. 88 dargestellten als anastomosirende Zellen angesehen werden. Ich habe jedoch zu bemerken, dass mir ausser den abgebildeten Formen annoch keine anderen zusammengesetzteren Bildungen vorgekommen sind und dass ich namentlich niemals so glücklich war, bestimmte Anzeichen von dem Vorkommen von Ostoklastennetzen wahrzunehmen. Auch wo ich die

Ostoklasten möglich frisch untersuchte, isolirten sich dieselben überall leicht und schwammen zu Hunderten in den Präparaten umher und wo eingeschnürte Zellen sich fanden, schienen mir dieselben ebenso leicht als gewucherte einfache Zellen, denn als verschmolzene solche Bildungen gedeutet werden zu können, indem zwischen den einfachen und den zusammengesetztesten Formen die mannigfachsten Uebergänge sich fanden.

Angenommen die Ostoklasten seien einfache, mehr weniger umgestaltete Zellen, deren Kerne einem Vermehrungsprocesse unterlagen, so frägt sich weiter, wie dieselben entstehen. Ich habe in meiner ersten Mittheilung über diesen Gegenstand die Vermuthung ausgesprochen, dass dieselben aus genuinen Osteoblasten oder Knochenbildungszellen sich hervorbilden und diese Vermuthung glaube ich jetzt noch festhalten zu sollen, obschon Wegener dieselben als wahre Auswüchse, Sprossen der Gefässwandungen schildert, entstanden durch Proliferation der Zellen derselben[1]). Ich stütze mich bei meiner Auffassung vor Allem auf die Fälle, in denen Ostoklasten an der Aussenfläche von Knochen sich bilden, und da ich das allmälige Entstehen der Resorptionsflächen in sehr vielen Fällen an den Schädelknochen von Embryonen des Menschen und von Thieren Schritt für Schritt verfolgt habe, so glaube ich ein Urtheil über das Auftreten der Ostoklasten in diesen Fällen mir erworben zu haben. Immer und ohne Ausnahme sah ich die Ostoklasten vereinzelt mitten in der Lage der Osteoblasten auftreten, anfangs klein und später grösser und stets ohne alle Beziehung zu den Gefässen, über welchen Punkt Schnitte durch die Kiefer und die Gesichts- und Schädelknochen ein ganz bestimmtes Urtheil erlauben. Dasselbe findet sich auch im Innern der schwammigen Substanz dieser Knochen, und glaube ich somit für diese Stellen jede directe Betheiligung von Gefässen beim ersten Auftreten der Ostoklasten leugnen zu sollen. Nimmt man dazu, dass Zwischenformen zwischen den Osteoblasten und Ostoklasten häufig zur Wahrnehmung kommen, so möchte meine Annahme von dem genetischen Zusammenhange beider wohl als eine hinreichend begründete erscheinen.

Mit dieser Behauptung möchte ich nun übrigens die Darstellung von Wegener nicht ohne Weiteres entkräften und auch nicht die Meinung aussprechen, dass der Nachweis der Bildung der Ostoklasten überall leicht zu geben ist. Ich werde weiter unten die Bildung der Ostoklasten im Innern der knorpelig. präformirten Knochen ausführlicher zu schildern haben und führe daher hier nur so viel an, dass an diesem Orte der genaue Nachweis ihrer Entwicklung nicht zu geben ist, ebensowenig wie derjenige der Entstehung der Osteoblasten. Das Markgewebe dieser Knochen, in welchem sowohl die Osteoblasten als auch die Ostoklasten auftreten, ist, wie später gezeigt werden soll, eine Production des Periostes, resp. des Perichondriums, welches mit seinen Gefässen, seiner Bindesubstanz und seinen Zellen in den verkalkenden Knochen sich hineinbildet und da wäre allerdings auch eine Betheiligung der Gefässe an der Entstehung der betreffenden Zellen gedenkbar. Ebenso nahe liegt aber auf der andern Seite auch die Annahme einer Abstammung der letzteren von den extravasculären Zellen des Bindegewebes und würde in einem solchen Falle die Entwicklung der Osteoblasten an der äussern und inneren Oberfläche der Knochen nach demselben Modus vor sich gehen. Denn es ist wohl als sicher anzunehmen, dass

---

[1]) l. c. p. 531. Wegener sah an Holzessigpräparaten der Dura mater vom Stirnbein des Neugeborenen die vielkernigen Zellen immer in einem bestimmten Verhältnisse zu den aussen ganz oberflächlich gelegenen Blutgefässen der Membran und zwar sowohl zu den eigentlich capillaren als auch zu den kleinsten Arterien und Venen. Entweder ist die Gefässwand vollständig umgeben, wie gepanzert mit Myeloplaxen, die zum Theil vermittelst ihrer Ausläufer zusammenhängen, oder sie liegen in geringerer Zahl in gewissen Distanzen von einander bald rechts, bald links, bald an der oberen, bald an der unteren Fläche an den Gefässen an, immer in deutlichem Zusammenhange mit der Gefässwand; von derselben aus schieben sie sich vor in den je zwischen zwei Gefässen befindlichen Raum. Sucht man dann die kleinsten Exemplare auf, so sieht man deutlich, wie sie entstehen aus Proliferation der Gefässwand; man findet statt der einkernigen Zellen derselben zwei-, drei- und mehrkernige Elemente, die sich durch continuirliche Zunahme ihrer Kerne und ihres Protoplasmas zu den grössten vielkernigen Platten entwickeln.

die Knochenbildungszellen an den äussern Knochenflächen in keiner directen Beziehung zu Gefässen stehen und mache ich in dieser Beziehung vor Allem aufmerksam auf die Knochenbalken an den Rändern und Flächen von wachsenden Schädelknochen, an denen die Knochenbildungszellen gehäuft stehen und keine Gefässe zwischen sich enthalten.

Wenn ich somit auch im Ganzen eher geneigt bin, für eine von den Gefässen unabhängige Entstehung der Ostoklasten und der Osteoblasten mich auszusprechen, so bin ich doch nicht gemeint zu behaupten, dass unter keinen Umständen solche Beziehungen vorkommen. Sind doch auch die Gefässzellen, von denen Wegener spricht, offenbar nichts anderes als Bindesubstanzzellen der *Adventitia* und so wird die endgültige Entscheidung von weiteren Untersuchungen abhängig zu machen sein.

Die letzten Schicksale der Ostoklasten sind noch in grosses Dunkel gehüllt. Ich habe schon früher die Vermuthung geäussert, dass dieselben an gewissen Orten durch Theilung in Osteoblasten übergehen und mich bei dieser Annahme auf die so häufige Umbildung von Resorptionsflächen in Appositionsflächen bezogen. Ausserdem hat nur noch Wegener über diese Frage sich geäussert (l. c. p. 532) und einmal einen Zerfall derselben in Spindelzellen und schliesslich in Bindegewebe angenommen, ausserdem aber auch an die Möglichkeit gedacht, dass dieselben zu Markzellen werden oder zu Gefässen, letzteres darum, weil er an einzelnen dickeren Formen eine Höhle, einen Gang im Innern beobachtete. — Ich habe in neuerer Zeit diese Angelegenheit weiter geprüft und kann nun Folgendes mittheilen. Einmal glaube ich für gewisse Fälle die Umbildung der Ostoklasten in Osteoblasten als sicher bezeichnen zu dürfen und zwar für alle Gegenden, wo Resorptionsflächen an Appositionsflächen anstossen und im Laufe der Entwicklung nach und nach in solche sich umbilden. Hier findet man nämlich überall einen ganz allmäligen Uebergang von Ostoklasten in Osteoblasten an den Stellen, wo die oben erwähnten Uebergangsgrübchen sich finden, und spricht alles, was ich gesehen dafür, dass die Ostoklasten durch wiederholte Theilung in Osteoblasten sich umbilden, obschon ich bekennen muss, diese Verhältnisse noch nicht so weit verfolgt zu haben, als es wünschbar wäre.

Ein eigenthümliches Verhalten der Ostoklasten finde ich an solchen Stellen, wo sie schwammige Knochensubstanz zerstören, die aus locker gewebten Knochenbälkchen besteht, mag diese nun an der äusseren Oberfläche der Knochen oder im Innern derselben sich finden. Hier zeigt sich nämlich, dass die Knochenbälkchen während ihrer Zerstörung an vielen Stellen ganz aus dem Zusammenhange mit dem übrigen Netze derselben sich lösen und als einzelne Bröckel von eigenthümlich zackiger Gestalt (weil überall mit Grübchen besetzt) frei in der Beinhaut oder im weichen Markgewebe liegen. Werden nun diese Fragmente, die ringsherum mit Ostoklasten besetzt sind, schliesslich aufgelöst, so bleiben die Ostoklasten in Form grösserer oder kleinerer Klümpchen oder Häufchen im Perioste oder im Marke liegen und scheinen ein gutes Object abzugeben, um ihre endlichen Schicksale zu verfolgen. Ich habe mich jedoch bisher vergeblich bemüht, in dieser Beziehung zu einem bestimmten Resultate zu gelangen. Die günstigsten Stellen, um die fraglichen Verhältnisse und diese kleinen Ostoklastenheerde zu sehen, sind die Zahnfurche der Kiefer von Embryonen und der vordere Rand des *Processus coronoideus* desselben Knochens, wo sehr häufig abgelöste Knochensplitterchen und freie, abgelöste Ostoklasten zu sehen sind. Ich vermochte jedoch auch hier zu keiner sicheren Entscheidung zu gelangen. Meist traf ich am Unterkiefer, an dem ich meine Untersuchungen in erster Linie anstellte, die freien Ostoklasten ganz unverändert in dem Perioste der Alveole, einige Male schienen sie mehr Fettkörnchen zu besitzen als sonst und hie und da waren sie auch kleiner. Ein einziges Mal traf ich ein kleines Nest grösserer runder Zellen, wie grosse Markzellen, von denen jede einen grösseren Kern enthielt als sonst die Ostoklasten, das möglicher Weise aus einem Ostoklastenheerde sich gebildet hatte, doch wage ich in dieser Beziehung keine bestimmte Aeusserung. — Alles zusammengenommen muss ich für diesen zweiten Fall das Schicksal der Ostoklasten als noch nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen bezeichnen, doch will ich bemerken, dass die zwei ersten von Wegener hervorgehobenen Möglichkeiten für solche Fälle wohl zutreffen möchten, nämlich entweder der Uebergang in Bindegewebs- oder Markzellen. Wo

Ostoklasten an glatteren Oberflächen von spongiöser Substanz und an compacter Substanz ansitzen, möchten dieselben wohl im Allgemeinen so lange sich erhalten, als die Resorption an einer solchen Stelle vor sich geht, womit übrigens nicht gesagt sein soll, dass solche Ostoklasten keinerlei Veränderungen erleiden.

Die Untersuchung der Ostoklasten ist leicht. Will man dieselben ganz frisch prüfen, so empfehlen sich vor Allem die Nebenhöhlen der Nase, namentlich die Stirnhöhlen, an denen man nach dem Abziehen der Schleimhaut und des Periostes dieselben theils am Periost anhaftend findet, theils am Knochen *in situ* wahrnimmt, von dem dünne oberflächliche Schnitte zu entnehmen sind. Immer isoliren sich hierbei auch eine Unmasse dieser Gebilde, an denen man leicht die Einwirkungen von Reagentien prüfen kann. In zweiter Linie sind Ostoklasten auch sehr leicht zu gewinnen beim Zerzupfen des Knochengewebes von Verknöcherungsrändern beliebiger Knochen.

Zum Studium der fraglichen Zellen *in situ* erweiche ich Knochen in Chromsäure mit Zusatz von etwas Salzsäure, in welchem Falle dann Schnitte z. B. durch das Gesicht und durch die platten Schädelknochen von Embryonen oder von Ossificationsrändern sehr hübsche Bilder geben. Die unter dem Perioste der langen Knochen gelegenen Ostoklasten bieten sich in solchen Fällen auch ganz schön dar, wenn man vorher die Beinhaut abzieht und dem Knochen oberflächliche Schnitte entnimmt. An allen erweichten Präparaten ist nachherige Färbung mit Carmin zu empfehlen, welcher besonders die Kerne der Ostoklasten deutlich vortreten macht. Ich habe auch Färbungen mit Ueberosmiumsäure, Haemotoxylin und Chinolinblau vorgenommen, welche alle leicht gelingen, aber keine weiteren Vortheile bieten. Aufgefallen ist mir, dass Chinolinblau, welches die Zellkörper der Ostoklasten schön blau färbt, die Kerne nicht zu tingiren scheint, und erinnert man sich hierbei an die Entfärbung von Chinolinblau durch Säuren.

B. Vorkommen und Verbreitung der Resorptionsstellen an Knochen und Zähnen.

1. Untersuchungsmethode.

Das Hauptmittel zur Bestimmung der typischen Resorptionsstellen ist die mikroskopische Untersuchung der betreffenden Hartgebilde, mit anderen Worten der Nachweis von Howship'schen Grübchen mit Ostoklasten in denselben, indem es nach den vorliegenden Thatsachen (siehe die historische Einleitung und unten das Capitel, das eine Erklärung der Resorptionserscheinungen zu geben sucht) nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass überall, wo diese beiden Bildungen vorkommen, auch ein Schwinden der Knochen- und Zahnsubstanz sich findet. Dieser Nachweis lässt sich an frischen Knochen an vielen Stellen mit Leichtigkeit geben, indem man theils an deren Aussenfläche die oberflächlichsten Lagen mit einem scharfen starken Messer in dünner Schicht abtrennt, theils im Innern die Balken der Substantia spongiosa und die Oberflächen der Wandungen der grösseren Markhöhlen untersucht. Da sich jedoch in dieser Weise keine genaue topographische Untersuchung der Knochen durchführen lässt, so habe ich in allen Fällen, wo es darauf ankam, die Resorptionsflächen nach ihrem Vorkommen und ihrer Ausdehnung genau zu bestimmen, in gewöhnlicher Weise in Chromsäure und Salzsäure oder in letzterer allein erweichte Knochen verwendet. Handelte es sich nur um die Bestimmung der oberflächlichen Resorptionsflächen, so genügte verdünnte Salzsäure vollkommen und wurden die betreffenden Knochen nur so lange ihrer Einwirkung ausgesetzt, bis eine oberflächliche

Lage von 0,5—1,0 mm. Dicke weich und schneidbar geworden war. An solchen Knochen wurde dann die Oberfläche mit einem scharfen Messer in kleine Felder von 4—6 □ mm. eingetheilt, jedes Feld oberflächlich als Ganzes abgetragen und mikroskopisch untersucht und das gefundene Resultat auf die entsprechenden Knochen der anderen Seite möglichst sorgfältig aufgetragen, in der Art, dass die Resorptionsstellen mit rother Farbe bezeichnet wurden. Ein mathematisch exactes Ergebniss wurde übrigens auch bei diesem Verfahren nicht erzielt, weil eine ganz genaue Bestimmung mikroskopischer vereinzelter Resorptionsflächen und der Begrenzungen der Resorptionsflächen gegen die Appositionsflächen, wie sie durch Messungen unter dem Mikroskope zu erzielen gewesen wäre, zu zeitraubend erschien. Eine solche konnte aber auch nicht als nöthig erachtet werden, vor Allem aus dem Grunde, weil die Resorptionsflächen an den entsprechenden Knochen beider Körperhälften nie ganz gleich sich verhalten und erschien es somit als vollkommen ausreichend, den Sitz und die Gestalt der betreffenden Flächen im Allgemeinen möglichst genau zu bestimmen.

Zur Untersuchung des Inneren der Knochen auf die Resorptionsvorgänge wurden dieselben möglichst sorgfältig mit Chromsäure und wenig Salzsäure in oft gewechselter Flüssigkeit langsam entkalkt und dann an Quer- und Längsschnitten untersucht. Zur Deutlichmachung der Ostoklasten zeigte sich Carmin als das beste Mittel und für das Studium der Verbreitung der Resorption in den periostalen und intracartilaginösen Knochenablagerungen ergaben sich gewisse Stoffe als sehr geeignet, welche den intracartilaginös gebildeten Knochen dadurch deutlich machen, dass sie die Reste der Knorpelgrundsubstanz und die neuen Ablagerungen ächter Knochens verschieden färben. Solche Mittel sind Carmin, welcher die Knorpelreste farblos lässt, Haematoxylin, das nach der Entdeckung von Strelzow (l. s. c.) dieselben Reste intensiv violett färbt, dagegen bei vorsichtiger Anwendung den Knochen nicht verändert; endlich Chinolinblau, das nach Ranvier's Mittheilung und eigener Erfahrung in Alkohol gelöst, den Knochen blau, die Knorpelreste violett tingirt, jedoch leider keine haltbaren Präparate gibt, da das Chinolinblau am Lichte nach und nach erblasst. Immerhin habe ich an im Dunklen aufbewahrten Präparaten noch nach zwei Monaten wenigstens die Knorpelreste gefärbt gefunden. Auf jeden Fall ist Haematoxylin dem Carmin und Chinolinblau bei Weitem vorzuziehen und gibt dasselbe wunderbar klare und schöne Bilder, welche noch zierlicher werden, wenn man noch mit Strelzow auch den Knochen durch Carmin roth färbt (s. Taf. VIII. Figg. 88—91). Da dieser Autor, von dem, wie ich von Eberth erfahre, eine Arbeit über die Entwicklung der Knochen eben unter der Presse ist, in dieser unzweifelhaft seine Methode ausführlich beschreiben wird, so glaube ich mich hier einer Darstellung meiner Erfahrungen über diesen wichtigen Farbstoff enthalten zu sollen.

Um Anderen unnöthige Mühe zu ersparen, bemerke ich hier noch, dass ich auch folgende von meinem Collegen Wislicenus erhaltene reine Farbstoffe, nämlich Chinaroth, Santalin, Alkannin, Carthamin und Orcein auf ihr Verhalten gegen die Knorpelreste im intracartilaginösen Knochen und gegen diesen selbst geprüft, jedoch bei keinem derselben eine Wirkung gefunden habe, die sich auch nur von Ferne mit derjenigen des Haematoxylins hätte vergleichen lassen.

Ausser der mikroskopischen Untersuchung versuchte ich zur Bestimmung der Resorptionsflächen auch noch Fütterungen mit Crapp bei lebenden Thieren. Ausgehend von der Thatsache, dass der Crapp bei wachsenden Thieren nur die neu sich ablagernde Knochensubstanz roth färbt (siehe meine 2. Mittheilung), war die Erwartung gerechtfertigt, es würden bei solchen Experimenten die oberflächlichen, an die Beinhaut angrenzenden Wachsthums- und Resorptionsflächen als rothe und farblose Zonen scharf sich begrenzen und somit in diesem Verhalten ein gutes Mittel zur Bestimmung der Resorptionsflächen gegeben sein. Eine Reihe von Versuchen nach dieser Richtung ergab nun aber bei genauer Prüfung, dass Fütterungen mit Crapp wohl ganz ausreichend sind, wenn es sich darum handelt, die Appositionsflächen der Knochen zu bestimmen, dagegen nicht ohne Weiteres eine Erkennung der Resorptionszonen gestatten. Füttert man ein Thier mit Crapp, so treten innerhalb kurzer Zeit an allen Knochen an gewissen bestimmten Punkten rothe Stellen auf, welche von neu abgelagerter Knochen-

substanz herrühren. Andere Stellen, deren Lagerung ebenso constant ist, bleiben farblos und diese Stellen stimmen auf den ersten Blick ziemlich gut mit den durch das Mikroskop nachweisbaren Resorptionsstellen überein. Untersucht man nun diese Stellen genauer, so findet man, dass da, wo dieselben an Wachsthumsflächen angrenzen, ohne Ausnahme die mikroskopischen Charaktere der Resorption, die Howship'schen Grübchen und die Ostoklasten fehlen, vielmehr die Oberfläche der Knochen glatt und von Zellen bedeckt ist, die von Osteoblasten sich nicht unterscheiden lassen. Erst in gewisser Entfernung von den Appositionsflächen treten dann Gegenden mit allen Zeichen deutlicher Resorption auf und angrenzend an diese findet man Uebergangszonen, in denen die Howship'schen Grübchen immer kleiner und kleiner und flacher werden und die Ostoklasten je länger je mehr an Grösse abnehmen, bis endlich das Ganze mehr die Beschaffenheit von Appositionsflächen darbietet. Diese Verhältnisse habe ich schon in einer vorläufigen Mittheilung (Würzb. Verh. Bd. III. p. 226, 227, und später in den Archives de Zoologie expérimentale par H. de Lacaze-Duthiers. T. II. [Janv. 1873, ausgegeben im April] p. 23, 24) kurz angedeutet und dort die betreffenden Knochenoberflächen „indifferente" genannt und seit dieser Zeit haben mich eine genauere Untersuchung meiner Crappknochen und neue Crappfütterungen das Gesetz kennen gelehrt, das in dieser Beziehung waltet, welches kurz gesagt folgendes ist: „An allen Stellen, wo Resorptionsflächen sich verschieben und ihre Lage ändern, findet sich da, wo dieselben an Wachsthumszonen angrenzen, eine indifferente Zone, an der weder Ansatz noch Auflösung zu beobachten ist." Mit der Verschiebung einer jeden Resorptionszone nämlich geht immer ein Theil derselben (nach und nach) in eine Wachsthumsfläche über, welcher Vorgang natürlich nicht mit einem Schlage sich macht, sondern durch eine allmälige Umwandlung der typischen Howship'schen Grübchen und Ostoklasten zu Wege gebracht wird. Genauer bezeichnet findet man, dass an den genannten Stellen sowohl die Resorptionsgrübchen als die auflösenden Zellen immer kleiner werden, bis am Ende die ersteren ganz verschwinden und die Zellen die Beschaffenheit und Grösse gewöhnlicher Osteoblasten angenommen haben. Diese letztere Umwandlung anlangend, so verkleinern sich die Ostoklasten allem Anscheine zufolge durch wiederholte Theilungen in der Art, dass sie zuerst in zwei oder drei und dann in immer kleinere Stücke zerfallen, mit welcher Veränderung auch die Abnahme der Grösse der Gruben, in denen sie stecken, in Zusammenhang steht. Zugleich werden auch die Grübchen immer seichter und scheint mit der Verkleinerung der Ostoklasten auch ihre Fähigkeit zu resorbiren immer mehr verloren zu gehen, bis sie endlich ganz erlischt und nach einiger Zeit der entgegengesetzten Platz macht.

Alle die genannten Verhältnisse zeigen am deutlichsten die grossen Röhrenknochen. Hier finden sich an den Enden der Diaphysen ausgebreitete Resorptionszonen, welche während des ganzen Längenwachsthumes dieser Knochen immer relativ dieselbe Stelle bewahren, d. h. immer am äussersten Ende der Diaphysen ihre Lage haben, und nicht in demselben Maasse in der Längsrichtung zunehmen, wie die Knochen. Diese Zonen müssen somit, je länger der Knochen wird, immer weiter von der Mitte der Diaphysen sich entfernen und da zugleich auch die periostalen Knochenlagen immer mehr an Länge zunehmen, so ist klar, dass die Stellen an den Diaphysenenden, die erst Resorption zeigten, nach und nach in Appositionsflächen übergehen, bei welchem Uebergange eben die erwähnten indifferenten Stellen auftreten, welche meine Fütterungen mit Crapp an Hunden und Schweinen auf's Bestimmteste zur Anschauung gebracht haben.

Ausserdem habe ich bei meinen Fütterungen mit Crapp auch noch an anderen als an den angegebenen Orten an in Entwicklung begriffenen Knochen Stellen gefunden, die in Manchem mit den indifferenten Stellen der langen Röhrenknochen übereinstimmen, und zwar am Schädel an verschiedenen Orten. Am schönsten sah ich dieselben beim Hunde am Schädeldache und an der Aussenfläche der Gesichtsknochen, dann am Unterkiefer (Taf. VI., VII., VIII.) und werden dieselben weiter unten ausführlicher beschrieben werden. Hier bemerke ich nur so viel, dass es sich hier um Flächen handelt, an denen

die Apposition viel langsamer vor sich geht, als an andern Orten, ja wahrscheinlich zeitenweise gar nicht auftritt. So zeigt der Schädel des Hundes No. IV, der 17 Tage mit Crapp gefüttert wurde (Fig. 83), eine Menge theils ganz ungefärbter, theils nur matt rother Stellen, die sehr lebhaft gegen die intensiv rothe Umgebung abstechen. Der Hund No. III, der 20 Tage Crapp erhielt, zeigt diese hellen Stellen schon kleiner und der Hund No. II mit 29 Tagen Crapp und 14 Tagen gewöhnlichem Futter (Fig. 82) zeigt dieselben noch weniger entwickelt. Dagegen sind nun bei diesem die Zonen mit geringerer Wachsthumsintensität als rothe Stellen sehr deutlich und grösser als bei dem Hunde No. IV. So repräsentiren diese 3 Schädel 4 Stadien und zeigen, wie zwischen 14 und 29 Tagen die Zonen mit geringer Wachsthumsintensität immer mehr sich verkleinern. Da auch nach 29 Tagen noch Stellen ohne Apposition sich finden, so werden erst weitere Untersuchungen zu entscheiden haben, ob am Schädel des Hundes schon um diese Zeit bleibend indifferente Stellen vorkommen, oder ob es sich nur um Gegenden von temporär indifferentem Charakter handelt. Sei dem wie ihm wolle, so lernen wir durch die eben angedeuteten Vorgänge am Schädel eine neue Erscheinung kennen, die neben der Apposition und Resorption die typische Gestaltung der Knochen herbeiführen hilft, auf der andern Seite aber auch die Verhältnisse verwickelter macht, als sie bisher erschienen und die endgültige Lösung der Frage weiter hinausschiebt[1]).

Aus dem Gesagten folgt, dass Fütterungsversuche mit Crapp nicht so ohne Weiteres zur Bestimmung der Resorptions- und Appositionsflächen verwendet werden können. Controllirt man dieselben dagegen durch das Mikroskop, indem man dasselbe zum Nachweise der indifferenten Stellen benutzt, so gibt auch diese Methode ein ganz ausgezeichnetes Resultat und ist der Anwendung des Mikroskopes allein noch vorzuziehen, indem durch dieselbe wenigstens die Wachsthumsflächen der Knochen mit grosser Sicherheit und Leichtigkeit sich bestimmen lassen.

2. Erstes Auftreten der Resorptionsstellen.

Zur Verfolgung des ersten Auftretens der typischen Resorption von Knochengewebe eignen sich am besten die nicht knorpelig vorgebildeten Knochen und unter diesen ist wiederum am tauglichsten der Unterkiefer, nächst dem die *Maxilla superior*, der *Vomer*, die Nasenbeine. Untersucht man den Unterkiefer bei ganz jungen Embryonen von Rindern, Schafen, Schweinen und des Menschen zu einer Zeit, wo derselbe aus nichts anderem als aus einem Netze zarter Knochenbälkchen besteht, so findet man, dass alle Oberflächen desselben von typischen Osteoblasten besetzt sind und so erhält sich der Knochen, immer mehr sich vergrössernd und in seinen einzelnen Theilen sich verdickend, bis zu einer Körperlänge der Embryonen von 3 — 3,5 Cm., zu welcher Zeit der Knochen eine Halbrinne darstellt, in deren Grunde die späteren *Vasa alveolaria inferiora* und der *Nervus dentalis inferior* verläuft und die mit ihrem oberen Theile die sich entwickelnden Zahnsäckchen aufnimmt. Von nun an erscheinen an den gegen die genannte Halbrinne zugewendeten Seiten und Flächen der Knochenbälkchen erst vereinzelt und dann immer häufiger unter den Osteoblasten grössere Zellen, die bald als

[1]) In einer neueren Mittheilung (l. s. c.) hat auch Strelzow, ohne meine Angaben zu erwähnen, der „indifferenten" Stellen gedacht, die er aplastische nennt, eine Bezeichnung, die ich nicht billigen kann, da auch die Resorptionsflächen aplastische sind. Als aplastische Stellen führt Strelzow nur auf 1) die Stellen an den Enden der Röhrenknochen, wo, wie ich gezeigt habe, die periostale Rinde fehlt und der intracartilaginös gebildete Knochen an das Periost angrenzt, und 2) die Wände der Markhöhlen in späterer Zeit. Diese letzte Stelle kann man für gewisse Stadien, die jedoch genau zu bezeichnen wären, gelten lassen, was jedoch die ersteren anlangt, so sind dieselben nichts als meine Resorptionsflächen, an denen auch Strelzow, wenn er dieselben nach meiner Methode untersuchen will, die Howship'schen Grübchen und Ostoklasten finden wird, die ihm auffallender Weise bis jetzt verborgen geblieben sind.

ächte vielkernige Zellen (Ostoklasten) sich ergeben, und so wie sie einmal den ausgeprägten Charakter dieser Elemente haben, auch ausnahmslos in Grübchen und Vertiefungen der Knochenbalken ihren Sitz haben (Taf. I. Fig. 9). Die allmälige Entstehung dieser Zellen zu belauschen ist natürlich unmöglich, immerhin ergibt sich aus der Vergleichung vieler Schnitte jüngerer und älterer Embryonen, dass dieselben höchst wahrscheinlich aus einer Umbildung der Osteoblasten hervorgehen, indem sie mitten unter denselben auftreten, anfangs nur wenig grösser sind als sie und erst nach und nach die vielen Kerne und erheblicheren Umfang annehmen. Sind diese Ostoklasten einmal da, so nehmen sie rasch an Menge zu und ist bald die ganze Zahnfurche des Unterkiefers von denselben ausgekleidet und die Resorption hier im vollsten Gange, wie aus der immer zunehmenden Weite der Furche entnommen werden kann.

Eine auffallende Erscheinung kann ich nicht mit Stillschweigen übergehen und zwar die, dass an den Kieferrändern etwas älterer Kiefer von Embryonen an ganz weichen, eben in Bildung, d. h. in Erhärtung begriffenen Knochenbalken, ebenfalls schon Ostoklasten sich finden. Ja ich habe solche Zellen selbst an Gebilden gesehen, die offenbar noch keinen Kalk aufgenommen hatten und nur an etwas anderer Färbung und dichterer Stellung der zelligen Elemente ihre Natur werdender Knochenbälkchen erkennen liessen. Auch hier sassen übrigens die Ostoklasten an der Seite der Zahnrinne.

Diese frühe Entwicklung dieser Elemente verdient sicherlich Beachtung auch mit Bezug auf die Erklärung ihrer Entstehung und bemerke ich noch, dass dieselben mitunter an diesen Stellen sogar recht gross waren, wogegen allerdings auch kleinere Bildungen nicht fehlten.

Der Unterkiefer entwickelt übrigens sehr bald nicht nur in der Dentalrinne, sondern auch in seinem Innern, an den Wänden seiner Markräume einzelne Ostoklasten, von denen eine Regelmässigkeit im Auftreten und die Art der Entwicklung nicht genauer zu verfolgen war, mit Ausnahme dessen, dass auch diese Ostoklasten anfangs klein und unscheinbar mitten unter typischen Osteoblasten erscheinen.

In derselben Weise wie der Unterkiefer zeigen auch alle andern nicht knorpelig vorgebildeten Knochen als allgemeine Erscheinung erst einen zusammenhängenden Beleg von Osteoblasten, in dem dann an bestimmten Stellen, je nach den einzelnen Knochen bald da, bald dort, vielkernige Zellen erscheinen und Resorptionsflächen sich ausbilden, und habe ich nach dieser Seite besonders den Oberkiefer, die Nasenbeine, Pflugschar und die Stirnbeine von Embryonen an vielen Präparaten untersucht.

Von den knorpelig vorgebildeten Knochen sind die langen Röhrenknochen am interessantesten, weil bei diesen nicht nur im Inneren, sondern auch an der äusseren Oberfläche Resorptionsstellen auftreten, von denen jedoch die ersteren bei weitem früher erscheinen. Skizziren wir die Entwicklung dieser Knochen in kurzen Umrissen, so finden wir, wie längst bekannt, dass die Verknöcherung in der Mitte der Diaphysen mit einer Knorpelverkalkung und mit der Bildung einer dünnen äusseren Knochenlage, der ersten periostalen Verknöcherung, beginnt, von denen bald die eine, bald die andere zuerst erscheint (siehe meine Gewebelehre 5. Auflage § 98 Fig. 160, 163). In weiterer Entwicklung gestaltet sich die periostale Verknöcherung zu einem längeren, in der Mitte dickeren, an den Enden dünnen Hohlcylinder, der schliesslich bis an die verdickten knorpeligen Gelenkenden heranreicht, während zugleich der Korpel im Innern desselben oder die ursprüngliche Knorpelanlage eigenthümliche Veränderungen durchmacht. Dieselben beruhen darauf, dass einmal die Knorpelverkalkung von der Mitte aus immer weiter gegen die Gelenkenden fortschreitet, wobei ihre Ausdehnung mit dem Längenwachsthume des periostalen Knochenrohres immer gleichen Schritt hält, so jedoch, dass das letztere im Wachsthume immer etwas voraus ist. Zweitens entwickeln sich sehr bald in dem verkalkten Knorpel Gefässe, in der Art, dass vom Perioste aus weiche gefässhaltige Zapfen in den verkalkten Knorpel hineinwachsen und denselben je länger je mehr zum Schwinden bringen und verdrängen. So entstehen im Knorpel mit weichem gefässhaltigem Gewebe (jungem Mark) erfüllte

Höhlungen oder Markräume, an deren Wandungen dann sofort junge ächte Knochensubstanz auf die Reste des Knorpels sich ablagert.

Mit dem Vorschreiten der Knorpelverkalkung und der periostalen Rinde gegen die Gelenkenden zu rückt auch diese Markraum- und Gefässentwicklung und die intracartilaginöse Knochenbildung in derselben Richtung fort und stellt sich dann der kleine Röhrenknochen in der bekannten Form dar, indem er aussen aus compacter Masse (der periostalen Knochenrinde), innen aus schwammiger Substanz (der intracartilaginös gebildeten Knochensubstanz mit den Resten der Knorpelgrundsubstanz und dem vom Perioste aus gebildeten, gefässhaltigen jungen Marke) besteht, welche letztere nach den knorpeligen Gelenkenden zu nach und nach in verkalkten Knorpel (den Ossificationsrand) übergeht, indem hier sowohl die gefässhaltigen periostalen Fortsätze und die Markraumbildung als auch die Ablagerungen ächten Knochens ihr Ende erreichen. Resorptionserscheinungen treten an solchen in der ersten Entwicklung begriffenen langen Knochen sehr früh auf und fallen nahezu mit der Entwicklung der ersten Gefässe in den knorpeligen Diaphysen zusammen. Durch solche wird nämlich einmal die verkalkte Knorpelgrundsubstanz zerstört und zweitens fällt denselben auch die junge intracartilaginöse Knochensubstanz zum Theil anheim. Doch wird die letztere in der ersten Zeit nie ganz zerstört und fällt wenigstens bei den von mir untersuchten Geschöpfen die Bildung einer grösseren Markhöhle in eine spätere Zeit. Organe der Resorption sind auch hier Ostoklasten und ebensowenig fehlen Howship'sche Grübchen, doch vermag ich nicht zu sagen, wie in diesem Falle die Resorptionszellen sich entwickeln. An den jüngsten, in die knorpeligen Diaphysen einwachsenden, gefässhaltigen periostalen Zapfen gelang es mir bis anhin nicht, Ostoklasten zu sehen (s. Würzb. Verh. N. F. Bd. IV. 1873 1. Heft). Dagegen erscheinen dieselben in reichlicher Menge, sobald diese Zapfen nur etwas entwickelter sind und nehmen von diesem Zeitpunkte an an Menge immer mehr zu und schreiten auch mit den periostalen Einwucherungen gegen die Gelenkenden zu fort, in der Art jedoch, dass sie auch hier nirgends an den letzten Enden der gefässhaltigen Markzapfen, wohl aber immer in der Nähe derselben getroffen werden. Wie die Ostoklasten in solchen jungen Diaphysen entstehen, ist mir nicht zu sehen geglückt, nur ist so viel wahrzunehmen, dass sie anfänglich klein sind, vereinzelt auftreten und keine besondere Beziehung zu den Gefässen zeigen.

Mit der weiteren Entwicklung dieser Knochen schreitet auch die Hohlraumbildung im Innern derselben immer weiter und tritt bei einer gewissen Grösse der Knochen ein Zeitraum ein, in dem das innere Knochengewebe in reichlichem Maasse zerstört wird und die Markhöhlenbildung beginnt. Als erstes Zeichen dieser Bildung ist das Stadium zu bezeichnen, in dem das intracartilaginöse Knochengewebe mit den Resten der Knorpelgrundsubstanz in den Mitten der Diaphysen ganz zu schwinden beginnt und betrachte ich den Querdurchmesser der so entstandenen Höhle als demjenigen der allerersten Knorpelverkalkung in dem eben in die Ossification eingetretenen knorpeligen Röhrenknochen gleich. In weiterer Entwicklung vergrössert sich die Markhöhle immer mehr und zwar geschieht dies einmal in der Richtung der Länge durch fortgesetzte Zerstörung intracartilaginösen Gewebes, und zweitens in der Breite dadurch, dass nach und nach auch periostaler Knochen in den Bereich der Resorption hineingezogen wird, in welchen beiden Fällen ebenfalls Ostoklasten und Howship'sche Lacunen die mikroskopischen Zeichen der Resorption darstellen. So lange die Knochen wachsen, gehen diese Erscheinungen im Innern derselben fort, mit dem Bemerken jedoch, dass freilich auch an manchen Stellen Appositionserscheinungen vorkommen, und findet man daher zu jeder Zeit, bis zum gänzlichen Abschlusse des Wachsthumes, sowohl in der Substantia spongiosa, als an den Wänden der Markhöhle, an vielen Stellen Ostoklasten und Resorptionsgrübchen.

Zur genaueren Belegung des Gesagten theile ich nun hier noch einige Details mit.

Die Entwicklung der Markhöhle habe ich in erster Linie bei menschlichen Embryonen untersucht, wobei sich Folgendes ergab.

Am Humerus eines Embryo von 3 Monaten zeigte die Mitte der Diaphyse noch nirgends eine

gut ausgebildete Höhle, vielmehr war ihr Inneres überall von jungem Mark, Knorpelresten und endochondral entstandenem Knochen erfüllt, von denen die Knorpelreste der inneren Oberfläche der periostalen Knochenrinde unmittelbar anlagen. Dagegen war die periostale Lage schon sehr gut entwickelt und stellenweise aus 3 concentrischen Schichten gebildet. Diese Lage reichte auch, allmälig sich verdünnend, weit auf die knorpeligen Enden, während im Innern nirgends ein besser ausgebildetes Netz intracartilaginösen Knochens sich fand und auch die Verkalkung lange nicht so weit wie die periostale Rinde sich erstreckte.

Bei einem Fötus von 3½ Monaten ist die Markhöhle in der Mitte der Diaphyse in der ersten Ausbildung begriffen, jedoch noch nirgends von intracartilaginösem Knochen mit eingeschlossenen Resten von Knorpelgrundsubstanz ganz frei. Dagegen fehlen allerdings Ueberreste des früheren Knorpelgewebes ganz und gar und findet sich nun an der Stelle der oberflächlichsten Lage desselben ein Ring ächten Knochens, der durch eine scharfe Grenze, die wie eine besondere dünne Lage sich ausnimmt, von der periostalen Verknöcherung getrennt ist. Im Uebrigen ist der Humerus in diesem Alter in allen Theilen viel besser ausgebildet als der des 3monatlichen Fötus und enthält gegen die Gelenkenden zu innen schöne Netze intracartilaginösen Knochens mit Knorpelresten.

Ein Fötus von 5 Monaten zeigte die Höhle in der Mitte des Humerus im Innern vollkommen ausgebildet, doch war dieselbe an der Peripherie stellenweise immer noch von einer Lage intracartilaginös gebildeten Knochens ausgekleidet, die auch hier durch einen deutlichen Contour von dem periostalen Knochen getrennt war. An manchen Stellen hatte jedoch die Markhöhle auch schon in das periostale Gewebe übergegriffen und war der endochondrale Knochen ganz zerstört.

Ganz dasselbe zeigte ein Fötus von 6 Monaten, bei dem auch der Humerus nur wenig dicker war.

Im Humerus eines Neugeborenen endlich war auch der letzte Rest des intracartilaginös gebildeten Knochens in der Mitte verschwunden und eine Markhöhle gebildet, die in ihrem Querdurchmesser den Durchmesser des endochondralen Knorpels jüngerer Knochen um ein Bedeutendes übertraf. Gegen die Gelenkenden zu trat um diese Höhle, indem sie an Weite zunahm, bald wieder endochondraler Knochen mit Resten von Knorpelgrundsubstanz auf, der jedoch, verschieden von dem, was man bei jüngeren Knochen sieht, anfangs ganz compact war und von der periostalen Rinde im Baue sich nicht unterschied, obschon er durch eine immer noch deutliche Grenze von derselben geschieden sich zeigte.

Ich gebe nun noch eine Tabelle der am Humerus gefundenen Maasse.

Tabelle II.

Durchmesser in mm.

	der Mitte des Humerus.	der Höhle oder des endochondralen Knochens.
A. Embryo von 3 Monaten.		
1. Schnitt	0,67	0,49 (keine Markhöhle)
2. „	0,70	0,54 „
3. „	0,72	0,54 „
B. Embryo von 3½ Monaten.		
1. Schnitt	1,66	0,83
2. „	1,66	0,59
3. „	1,74	0,83
4. „	1,71	0,54
5. „	1,79	1,10
6. „	1,66	0,64

Durchmesser in mm.:

	der Mitte des Humerus.	der Höhle oder des endochondralen Knochens.	der Substantia compacta.
7. Schnitt	1,79	0,83	—
8. „	1,79	0,56	—
C. Embryo von 5 Monaten.			
1. Schnitt	2,21	0,68	—
2. „	2,27	0,54	—
3. „	2,15	0,59	—
4. „	2,27	0,68	—
5. „	2,29	0,64	—
D. Embryo von 6 Monaten.			
1. Schnitt	2,29—2,77	0,72 deutliche Markhöhle	0,62—1,4
2. „	2,21—2,95	0,83 „	0,62—1,5
E. Neugeborener.			
1. Schnitt	4,43	1,38 „	1,10—1,80
2. „	4,43	1,1—1,6 „	1,04—1,71

Zu dieser Tabelle gebe ich nun nachfolgende Erläuterung.

Vergleicht man das Wachsthum der Diaphyse in der Dicke mit dem der Höhle im Innern, so findet man, dass, während die erstere vom 3. bis zum 6. Monate um mehr als das Dreifache an Breite gewinnt, die Höhle nicht wesentlich sich verändert. Zwar sind die für diese gefundenen Zahlen ziemlich verschieden, allein ich glaube nicht zu irren, wenn ich diese Verschiedenheiten auf Rechnung von individuellen Schwankungen setze und annehme, dass der Humerus zur Zeit, wo seine Verknöcherung beginnt, nicht immer denselben Durchmesser hat. Diesem Durchmesser entspricht nämlich die Grösse der zuerst auftretenden Markhöhle. — Im 5. und 6. Monate beginnt die Markhöhle durch Resorption sich zu vergrössern und gegen das Ende der Fötalperiode findet sich die Höhle nun so gross, dass von dem früheren endochondralen Knochen nichts mehr vorhanden ist und die Resorption an ihren Wänden allseitig auf den periostalen Knochen übergegriffen hat.

Weitere Beobachtungen über die Bildung und das Wachsthum der Markhöhle von langen Knochen bei Kalbsembryonen haben Folgendes ergeben:

1. Ein Humerus von 9 mm. Länge besass in der Diaphyse noch nirgends eine Markhöhle, sondern zeigte im Innern intracartilaginös gebildeten Knochen und Knorpelreste, welche gegen den periostalen Knochen ziemlich scharf abgesetzt waren.

Die gefundenen Maasse für die Mitte der Diaphyse sind in mm. folgende.

	Dicke des Knochens.	Breite der intracartilaginösen Knochensubstanz.
1. Schnitt	1,10	0,54
2. „	1,10	0,53
3. „	1,15	0,67
4. „	1,10	0,59
5. „	1,04	0,54

2. Ein Humerus von 2,35 Cm. Länge hatte bereits eine gut entwickelte aber kurze Markhöhle, welche in der unteren Hälfte des Knochens etwas weiter gegen das Gelenkende reichte, als in der oberen, und ausser an ihren Enden keinerlei Reste von intracartilaginösem Knochen enthielt. Der Knochen maass in der Mitte 3,45 mm. und die Höhle 0,91 mm. im *Diameter antero-posterior* und 0,67 mm. in der Breite.

3. Bei einem Humerus von 4,3 Cm. Länge maass die Markhöhle in der Mitte der Diaphyse

2 mm., während der Knochen 6,5 mm. betrug, und war in der Längsrichtung ebenfalls nur wenig entwickelt.

4. Dagegen zeigte ein Humerus von 9,2 Cm. bereits eine grosse Markhöhle von 35 mm. Länge und einer Breite von 8—12 mm., während der ganze Knochen, in der Mitte in der Höhe des *Foramen nutritium* von vorn nach hinten gemessen, nur 13 mm. maass und eine *Substantia compacta* von 1,6—2,5 mm. besass.

5. Der Humerus eines Kalbes von 18 Cm. Länge hatte eine Markhöhle von 47 mm. Länge, doch fanden sich an den Wänden derselben noch viel mehr Knochenbalken als bei dem vorigen Knochen, was wohl nur auf Rechnung individueller Verhältnisse zu setzen ist. Die Breite der Höhle betrug von 12,5—20 mm. und die Dicke des Knochens in der Höhe der Ernährungslöcher im *Diameter antero-posterior* 25 mm. Die *Substantia compacta* maass an derselben Stelle 4—6 mm.

6. Bei einem Ochsen endlich zeigte ein Humerus von 33 Cm. Länge eine Markhöhle von 19 Cm. Länge, deren Breite von 25 mm. bis zu 57 mm. anstieg. In der Gegend der Einmündung des *Foramen nutritium* waren im *Diameter antero-posterior* die Maasse des Knochens 51 mm., der Markhöhle 33 mm., der *Subst. compacta* 9 mm. Drei Centimeter unter dieser Stelle betrug die *Substantia compacta* 10—13 mm. und die Markhöhle 23 mm.

Stellt man diese Zahlen zusammen, so ergibt sich folgende Tabelle:

Tabelle III.

	Durchmesser des Humerus von Bos taurus in der Mitte der Diaphyse.	Durchmesser der Markhöhle oder des intracartilaginösen Knochens in dieser Gegend.
1. Humerus von 0,9 Cm. Länge	1,01 mm.	0,54 mm. (keine Höhle da)
2. „ „ 2,35 „ „	3,45 „	0,67 und 0,91 mm.
3. „ „ 4,3 „ „	6,5 „	2,0 mm.
4. „ „ 9,2 „ „	13,0 „	8,0 mm.
5. „ „ 18,0 „ „	25,0 „	12,5—16,0 mm.
6. „ „ 33,0 „ „	51,0 „	33,0 mm.

Aus diesen Zahlen ist einmal ersichtlich, dass während der Entwicklung die Dicke der Diaphyse des Humerus des Rindes und der Durchmesser der Markhöhle stetig zunehmen und zwar beide in Proportionen, die nicht weit von einander sich entfernen und zweitens, dass die Markhöhle so sich vergrössert, dass unter der Voraussetzung, dass dies später durch Resorption des periostalen Knochens geschehe, beim Humerus von 4,3 Cm. nichts mehr von der periostalen Knochensubstanz des Humerus von 0,9 Cm. Länge da ist und beim Humerus des Ochsen nichts mehr von derselben Lage des Kalbes.

Mit dem gegebenen Nachweise, dass die Markhöhle durch Resorption entsteht und sich vergrössert, soll nun übrigens nicht behauptet werden, dass Appositionserscheinungen, wie wir sie früher bei der Bildung des endochondralen Knochengewebes in der Nähe der Ossificationsränder und bei der allerersten Verknöcherung kennen gelernt haben, später im Innern nicht mehr vorkommen. Doch sind diese Phänomene schwer zu erforschen und verdanke ich die Kenntniss, die ich über dieselben besitze, vor Allem Versuchen mit Crapp, die jedoch nur an zwei Thierarten, Hunden und Schweinen, angestellt wurden. Die hier erhaltenen Resultate sind folgende:

Beim Schweine finde ich einen wesentlichen Unterschied zwischen den kleineren und grösseren Röhrenknochen. Bei den ersteren (Phalangen, Metatarsi, Metacarpi) finden sich an den Wänden der Markhöhle, welche bei den Mittelhand- und Mittelfussknochen sehr weit und gut ausgebildet ist, entweder gar keine oder nur spärliche Ablagerungen von Knochensubstanz und erscheinen dieselben somit bei mit Crapp gefütterten Thieren, bei denen dann der Farbstoff eine Zeit lang ausgesetzt wurde, als rothe Flächen, stellenweise mit zarten weissen Anflügen, welche rothen Flächen bei der mikroskopischen

Untersuchung grösstentheils als Resorptionsflächen, zum Theil aber auch als indifferente sich ergeben. Auf Querschliffen zeigen solche Knochen eine äussere weisse und eine innere rothe Zone, in welcher übrigens keineswegs das ganze Gewebe durch und durch roth ist, vielmehr zwischen den rothen Wänden der Haversischen Kanäle breitere oder schmälere farblose Zonen zu finden sind, welche besonders in den inneren Lagen vorkommen und als ein Rest der vor der Crappfütterung vorhandenen Knochenschichten anzusehen sind. Ein Ferkel, das 23 Tage lang nach Crapp gewöhnliches Futter erhalten hatte, zeigte übrigens die weissen Ablagerungen an den Wänden der Markhöhle stärker als ein zweites, das nur 11 Tage bei gewöhnlicher Nahrung gestanden.

Alle grösseren Röhrenknochen zeigten auch an der Innenwand der Markhöhle Ablagerungsschichten und liessen somit auf Durchschnitten an solchen Stellen zwei rothe Zonen erkennen. (Tab. V. Fig. 36). Eine genaue Untersuchung der inneren rothen Zone an mikroskopischen Schliffen ergab, dass die rothen Lagen an den Wänden der Markhöhle sowie der hier weiteren Haversischen Kanäle und der kleinen Markräume abgelagert waren, und ferner, dass dieselben an den einen Stellen von dünnen weissen Schichten bedeckt erschienen, an den andern dagegen die grösseren oder kleineren Markräume direct begrenzten. Zugleich ergaben sich mannigfache Zeichen eben stattfindender und stattgehabter Resorption, und zwar sowohl Oberflächen mit Howshipschen Grübchen, als auch lamellöse Ablagerungen, die auf grubige Oberflächen stattgefunden hatten.

In Betreff der Verbreitung und des genaueren Verhaltens dieser inneren Ablagerungen habe ich beim Schweine Folgendes ermittelt.

Beim Femur eines Ferkels (No. II) ist in der Mitte der Diaphyse die in 23 Tagen gebildete periostale farblose äussere Zone am dicksten (von 0,5—1,1 mm.) an der lateralen und an der hinteren lateralen Ecke, dünner (von 0,13—0,40 mm.) an der anderen Seite, so dass als der dickste Theil die hintere laterale Ecke, als der dünnste die vordere mediale Abrundung erscheint. Dann folgt ein rother, während der Crappfütterung von 43 Tagen gebildeter Ring, der dieselben Dickenverhältnisse zeigt und an der hinteren lateralen Ecke 1,5 mm., an der hinteren medialen Ecke 1,3 mm. und an der medialen und vorderen Seite 0,40—0,67 mm. misst.

Eine dritte nun folgende helle Zone, aus der Zeit vor der Crappfütterung herrührend[1]), ist nur an der vorderen und medialen Seite wirklich ungefärbt und beträgt hier 0,50—0,82 mm., hinten und an der lateralen Seite dagegen ist dieselbe wenigstens an den Wandungen der Haversischen Kanäle gefärbt und zwar an der hinteren Fläche so stark, dass hier die zweite und dritte Zone unter dem Mikroskope keine Abgrenzung zeigen, obgleich mit blossem Auge eine matte Trennungslinie zu erkennen ist.

Endlich folgt noch eine vierte wiederum rothe Zone um die Markhöhle herum, die an der medialen Seite vorn und hinten am meisten Mächtigkeit besitzt (von 0,80—1,6 mm.) und mikroskopisch untersucht aus rothen, an den Wänden der Markhöhle und der Markräume abgelagerten Schichten von erheblicher Mächtigkeit (0,08—0,10 mm.) besteht, die dann noch an vielen Orten von farblosen dünneren Lagen überlagert sind, woher es kommt, dass diese 4. Lage etwas weniger roth erscheint als die zweite.

Es ergibt sich somit aus diesen Thatsachen, dass zur Zeit der Crappfütterung auch an und in den Wänden der Markhöhle und stellenweise (an der hinteren Seite) selbst durch den ganzen Knochen neue Ablagerungen statt hatten, in der Weise, dass an den Wänden aller hier befindlichen Hohlräume rothe Lagen auf die vorhandenen farblosen Schichten sich absetzten. Als die Crappfütterung aufgehört

[1]) Ich bemerke hier, dass auch der innerste Theil der rothen Zone 2 zum Theil aus der Zeit vor der Crappfütterung stammt, indem hier die rothen Lagen nur an den Wänden der Gefässkanäle sich finden, die mittleren zwischen je zwei Kanälen befindlichen Theile dagegen ungefärbt sind.

hatte, gingen diese Ablagerungen fort und zeigt somit die 4. Zone fast überall dünne weisse Lagen auf den rothen, was übrigens auch in der 2. und 3. Zone vorkommen kann. Somit bietet die Mitte der Diaphyse des Femur auf jeden Fall auch innere Ablagerungen an die Wände der Markhöhle und in das sie zunächst umgebende Gewebe dar. Diese inneren Ablagerungen scheinen eine Art Compensation der äusseren zu bilden, denn es zeigt sich, dass dieselben besonders an der medialen Seite stärker auftreten, wo die äusseren Appositionsschichten weniger entwickelt sind.

Untersucht man Längsschnitte des Femur, um das Gesammtverhalten der eben am Querschnitte geschilderten Lagen zu verfolgen, so ergibt sich, dass gegen die Gelenkenden zu die 3. farblose Zone verschwindet und die innere und äussere rothe Lage verschmelzen und zugleich mit dem durch und durch rothen Schwammgewebe der Diaphysenenden sich vereinen. Die äussere farblose Schicht geht entweder bis zum Ende der Diaphyse oder verschwindet früher oder später da, wo Resorptionsflächen sich finden, und macht rothen Lagen Platz.

An der Tibia desselben Thieres beobachtete ich in der Mitte der Diaphyse folgende Verhältnisse (Taf. VII. Fig. 36). Die äusserste farblose Lage ist hinten und an der lateralen Kante am stärksten, etwas schwächer an der vorderen medialen Fläche und am dünnsten an der vorderen lateralen Fläche. Nahezu umgekehrt verhält sich die zweite rothe Zone, welche an den vorderen Seiten dicker ist als an der hinteren und an der vorderen lateralen Seite und an der lateralen Kante ihre grösste Mächtigkeit besitzt. — Die 3. farblose Zone ist wohl ringsherum als blasser Ring angedeutet, doch findet sich dieselbe als eine farblose Lage eigentlich nur hinten und an der vorderen medialen Seite, während sie an der vorderen Fläche, der hinteren lateralen und der vorderen Kante überall an den Wandungen der Haversischen Kanäle rothe Ablagerungen besitzt. — Die 4. Zone endlich zeigt rothe Ablagerungen auf die Wände der Markhöhle und der Markräume der innersten Lagen des Knochens, an den meisten Stellen noch von dünnen farblosen Lagen bedeckt, somit dieselben inneren Appositionsschichten wie der Femur. Diese Lagen sind besonders entwickelt an den Stellen, die den 3 äusseren Kanten entsprechen und ausserdem noch zwischen der vorderen und der hinteren medialen Kante. An Längsschnitten zeigte diese Tibia dasselbe wie der Femur.

Der Radius verhält sich wesentlich wie die Tibia. Die erste weisse Zone ist am mächtigsten hinten gegen die Ulna zu und an den hinteren Kanten. An denselben Gegenden ist auch die 2. rothe Zone am entwickeltesten und geht ohne dazwischen gelagerte rein weisse Lage in die innere rothe Schicht über, welche hier ebenfalls am mächtigsten ist. Eine rein weisse 3. Zone findet sich nur an der vorderen gewölbten, der Ulna abgewendeten Seite des Knochens.

An der Ulna fehlte in der Mitte der Diaphyse eine rein farblose mittlere Zone ganz und gar, doch war an der hinteren Seite, wo der Schnitt die untere Resorptionsfläche getroffen hatte, ziemlich viel farbloses Gewebe zwischen den rothen Umgebungen der Haversischen Kanäle, zum Beweis, dass hier die Anlagerung zur Zeit der Crappfütterung nicht erheblich gewesen war. Im Uebrigen zeigte der Knochen, an dem die Markhöhle eben in der Entwicklung begriffen und das Innere zum Theil spongiös war, nur eine äussere farblose und eine innere dickere rothe Zone, deren Färbung nach innen zu matter wurde, welche beiden Lagen an der dem Radius zugewendeten Fläche und an der lateralen Kante am dicksten waren. Bei diesem Knochen hatte somit zur Zeit der Crappfütterung gerade wie bei den spongiösen Gelenkenden noch in der ganzen Dicke Anlagerung neuer Schichten stattgefunden, nur innen etwas weniger als aussen.

Beim Hunde habe ich bei einem 3 Wochen mit Crapp gefütterten und dann getödteten Thiere nur einige Knochen auf die inneren Anlagerungen an die Wände der Markhöhle untersucht und gefunden, dass hier selbst die grössten Röhrenknochen innen nur schwache Anlagerungen zeigten und an vielen Stellen derselben ganz entbehrten, welche letzteren bei der mikroskopischen Untersuchung als Resorptionsstellen sich ergaben.

Bevor nun die Art und Weise des Auftretens der äusseren Resorption an den Röhrenknochen

geschildert wird, ist es zweckmässig, das gewöhnliche Verhalten der Diaphysen der Röhrenknochen an den Gelenkenden etwas näher in's Auge zu fassen, als es oben geschah. Verfolgt man die periostale Knochenlage der Diaphysen gegen das Gelenkende zu, so findet man einmal, dass dieselbe nach und nach immer dünner wird und zweitens ohne Ausnahme weiter reicht, als die intracartilaginös gebildete Knochensubstanz. Und zwar zeigen verschiedene Knochen in dieser Beziehung ein etwas verschiedenes Verhalten. Bei kleinen Knochen (Metacarpi, Phalangen des Menschen) erstreckt sich die periostale Rinde gerade bis in das Niveau des Verknöcherungsrandes, bei grösseren Knochen dagegen (Humerus, Tibia, Femur), noch um eine gewisse Strecke über denselben hinaus in den Bereich der Knorpelzellenreihen. In beiden Fällen zeigt der äusserste Rand dieser periostalen Lamelle mehr quer stehende Knochenzellen, wie dies schon Sharpey gewusst hat, und endet zugeschärft und meist etwas medianwärts gebogen zwischen dem Knorpel und dem Periost, d. h. der tieferen osteogenen Lage dieser Haut, die jedoch mit der zu ihr gehörenden Knochenlamelle hier ebenfalls ganz dünn ausläuft, so dass höher oben, d. h. weiter gegen die Gelenkenden zu, nur die längsfaserige, sehr dicke äussere Lage der Beinhaut zu finden ist, die dann auf eine weite Strecke ohne scharfe Grenze mit dem Knorpel zusammenfliesst.

Zur Zeit nun, wo die äussere Resorption an den Diaphysenenden der langen Röhrenknochen beginnt, besitzen dieselben hier eine vollständige Rinde periostalen Knochens und muss ich Strelzow bestimmt widersprechen, der neuerdings behauptet hat, dass die periostale Rinde an gewissen Stellen der Diaphysenenden überhaupt sich nicht ausbilde (Med. Centralbl. 1873 No. 18 p. 277). Sobald nun die Resorption sich einleitet, hört in geringer Entfernung vom letzten Ende der Diaphyse die periostale Knochenablagerung an der Aussenfläche auf und wird diese Fläche nach und nach mit der allmäligen Ausbildung von Ostoklasten zu einer Resorptionsfläche mit Lacunen, die je nach den einzelnen Knochen eine verschiedene typische Gestalt und Ausdehnung gewinnt. Ist dies geschehen, so wird bald die periostale Rindenlage zerstört und dringt die Resorption bis auf das intracartilaginöse Gewebe, das ebenfalls bis in eine gewisse Tiefe aufgelöst wird. Hierbei verdient nun alle Beachtung, dass ganz am Ende der Diaphysen im Bereiche des Verknöcherungsrandes und noch über denselben hinaus eine Lage periostalen Knochens sich intact erhält und somit die äussern Resorptionsflächen niemals das allerletzte Ende der Diaphysen betreffen. Diese „Endlamelle“ periostalen Knochens, wie ich sie heissen will, wächst nun zugleich mit dem intracartilaginös gebildeten Knochen fortwährend an ihrem äussersten Rande in die Länge, doch wird dieselbe trotzdem nicht länger, indem ihr hinterer, der Mitte der Diaphyse zugewendete Rand zugleich fortwährend nach Maassgabe des Längenwachsthumes überhaupt in den Bereich der Resorptionszone gezogen wird.

Findet somit am Gelenkende der Resorptionsstelle ein fortwährendes Uebergreifen derselben auf periostales Gewebe statt, so ergeben sich am andern, der Diaphysenmitte zugewendeten Rande gerade die entgegengesetzten Verhältnisse, indem hier mit dem Längerwerden des Knochens die Resorptionszone immerwährend zuerst in eine indifferente Zone (s. oben) und dann in eine Appositionszone sich umgestaltet, mit andern Worten, wieder periostale Ablagerungen zeigt.

Von allen diesen Verhältnissen geben Längs- und Querschnitte der betreffenden Knochen die besten Anschauungen. An Querschnitten, die vom Gelenkknorpel ausgehen, sieht man erst im Bereiche des unverkalkten Gelenkknorpels, der aber schon Knorpelzellenreihen enthält, eine dünne periostale Rinde auftreten, die nach und nach im Bereiche des Verknöcherungsrandes etwas dicker wird. Mehr weniger weit hinter diesem Rande wird diese Lage rasch dünner und verschwindet ganz, so dass dann der bisher unter ihr gelegene intracartilaginös gebildete schwammige Knochen an die Oberfläche unter die Beinhaut geräth (Taf. VIII. Figg. 89, 91). So erhalten sich die Verhältnisse an vielen hinter einander liegenden Schnitten, bis am Ende wieder eine periostale Rinde auf die Resorptionsfläche des intracartilaginösen Knochens sich ablagert, wobei es nicht selten vorkommt, dass die Resorptionsgrübchen vorher sich nicht ausfüllen und der neue Knochen in ähnlicher Weise in sie sich ablagert,

wie der ächte Knochen in die Gruben der eröffneten Knorpelkapseln bei der endochondralen Knochenbildung.

Dem Gesagten zufolge liegt somit an allen Resorptionsflächen von Diaphysenenden in grosser Ausdehnung endochondraler Knochen mit Knorpelgrundsubstanzresten oder mit andern Worten, junge eben erst gebildete Substantia spongiosa, frei zu Tage, ein bis anhin noch nicht bekanntes Verhalten, welches offenbar, wenigstens in der nachembryonalen Periode, eine gewisse Gefahr mit sich bringt und die Diaphysenenden an den Resorptionsstellen minder fest machen könnte. Diese Gefahr wird jedoch dadurch aufgewogen, dass gerade an den Resorptionsstellen die oberflächliche schwammige Substanz durch fortgesetzte innere Ablagerungen so sich verdichtet, dass sie die grösste Uebereinstimmung mit ächter compacter Substanz annimmt. So fand ich bei einem 15jährigen Individuum am oberen Ende der Tibia die von intracartilaginöser Knochensubstanz mit Knorpelresten gebildete compacte oberflächliche Lage 0,54—0,1 mm. dick und im Aussehen von der ächten compacten Substanz wenig verschieden, nur dass ihre Haversischen Kanäle weniger regelmässig verliefen.

In Betreff der Umwandlung der Resorptionsflächen in Appositionsflächen an dem vom Gelenkende entfernteren Rande der Resorptionszonen hat mir eine Untersuchung menschlicher Knochen verschiedenen Alters auf Quer- und Längsschnitten folgendes Nähere ergeben.

In erster Linie ist hervorzuheben, dass eine Resorptionsfläche in der Regel nicht unmittelbar in eine Appositions- oder Wachsthumsfläche sich umwandelt. Wenigstens findet man an bei weitem den meisten Stellen die aufgelagerten neuen Knochenmassen durch eine scharfe Linie von den alten Lagen, die der Sitz einer oberflächlichen Resorption waren, getrennt. Diese Grenzlinie nun tritt in doppelter Weise auf. In den einen Fällen zeigt der alte Knochen zwar kleinere, aber noch vollkommen gut erhaltene Howship'sche Grübchen, und dann tritt die Grenze als eine unregelmässig zackige und ausgebuchtete Linie besonders scharf und deutlich hervor, während an andern Stellen die Grübchen fast ganz oder ganz verschwunden sind und die alten und neuen Knochenlagen durch längere gerade oder leicht gebogene Linien gegen einander begrenzt werden.

Der Unterschied zwischen den beiden genannten Knochenlagen wird nun dadurch noch deutlicher gemacht, dass dieselben einen verschiedenen Bau haben. Die der Resorption anheimfallenden Knochenlagen an den Diaphysenenden haben schon von früher Zeit an einen deutlich lamellösen Bau mit Lamellen, die wie gewöhnlich die Markräume und Gefässkanäle umkreisen. Die neu aufgelagerten Theile dagegen sehen mehr faserig aus und stehen die Fasern senkrecht oder nahezu senkrecht auf der Oberfläche des Knochens oder der Resorptionsfläche und haben die Knochenkörperchen ebenfalls senkrecht gestellt zwischen sich, von denen übrigens noch bemerkt werden kann, dass sie da, wo sie in alten Howship'schen Grübchen liegen, das Ansehen der Kugeln annehmen, welche bei der Ablagerung der ersten intracartilaginösen Knochensubstanz in die eröffneten Knorpelkapseln auftreten, eine Thatsache, die bereits Lieberkühn beim Unterkiefer wahrgenommen hat.

Alle diese Verhältnisse sieht man sehr deutlich an Querschnitten und Längsschnitten der Diaphysenenden erweichter Knochen, besonders nach Behandlung derselben mit Carmin oder Haematoxylin. Entnimmt man diese Schnitte Stellen, wo Resorptionsflächen an Appositionsflächen angrenzen, so überzeugt man sich ausserdem, dass die Howship'schen Grübchen an der Grenze beider je länger je kleiner werden, bis endlich eine dünne Appositionszone auf der grubigen Fläche auftritt und dann je länger um so mehr sich verstärkt. Flächenschnitte erweichter Knochen zeigen an den Grenzen der Resorptionszonen in der schönsten und deutlichsten Weise die allmälige Verkleinerung der Howship'schen Grübchen und ebenso die Abnahme der Ostoklasten an Grösse, bis dieselben von gewöhnlichen Osteoblasten sich kaum mehr unterscheiden.

Machen sich nun auch bei der Umgestaltung einer Resorptionsfläche in eine Wachsthumsfläche Zwischenstufen bemerklich, so gehen doch, wie es scheint, beim Menschen in der Regel solche Flächen nicht unmerklich in einander über, wie sich daraus ergibt, dass an so vielen Orten der neue

Knochen an Resorptionsgrübchen angrenzt. Wie in einem solchen Falle die Ostoklasten sich verhalten, ob sie bei fortbestehenden Gruben mit einem Male ihre Function aufgeben und in Osteoblasten zerfallen oder vergehen, das zu ermitteln ist mir noch nicht geglückt. Dass beim Menschen, wie bei Thieren, auch langsame Umbildungen der Resorptionsflächen in Wachsthumsflächen vorkommen (siehe oben), glaube ich übrigens behaupten zu dürfen und stütze ich mich dabei einmal auf das an Flächenansichten oft so deutliche allmälige Verschwinden der Howship'schen Grübchen und zweitens auf den Umstand, dass auch an Schnitten an manchen Stellen keine scharfe Grenze zwischen den beiden betreffenden Knochenlagen zu erkennen ist.

Zeigt sich so beim Schwinden der Resorptionszonen ein doppeltes Verhalten, so ist auf der andern Seite sicher, dass das erste Auftreten der Resorptionsstellen ganz allmälig sich macht. Wie bei den Schädelknochen, so sind nämlich auch an den langen Röhrenknochen die Resorptionszonen ursprünglich Wachsthumsflächen und von Osteoblasten bekleidet und wandeln sich zur gegebenen Zeit ganz allmälig in Resorptionszonen um. Dies geschieht an den Diaphysenenden zu jeder Zeit an dem Rande der Resorptionszone, der im Bereiche der periostalen Endlamelle liegt, doch habe ich die genaueren hier stattfindenden Vorgänge nicht erforscht, da keine weitere Ergänzung des bei den Schädelknochen Ermittelten zu erwarten war und der betreffende Ort des dicken Periostes halber nicht leicht zu untersuchen ist.

Nach dieser ausführlichen Schilderung des ersten Auftretens der Resorptionsstellen und ihres Fortschreitens an den langen Röhrenknochen sollten nun auch noch die kurzen knorpelig vorgebildeten Knochen und die Epiphysenkerne zur Besprechung kommen. Da diese jedoch in allen wesentlichen Punkten dasselbe Verhalten zeigen, wie die aus Knorpel hervorgehenden Theile der Diaphysen der langen Knochen, so ist es wohl überflüssig, näher auf diese Frage einzugehen, um so mehr, als die Verbreitung der äusseren Resorptionsflächen an diesen Knochen noch speciell besprochen werden wird.

3. Specielle Beschreibung des Vorkommens und der Verbreitung der äusseren Resorptionsstellen am Skelette.

Skelett des Kalbes.

Nach der oben (p. 28) bezeichneten Methode wurden alle Knochen des Skelettes des Kalbes mikroskopisch untersucht und betrachte ich diese Untersuchungsreihe, die mindestens 4 Monate Zeit in Anspruch nahm, als eine gesicherte Basis, auf der sich nun weitergehende Folgerungen aufbauen lassen. Aus diesem Grunde habe ich es auch für nöthig erachtet, die bei diesem Thiere vorkommenden Resorptionsflächen durch möglichst viele Abbildungen und genaue Beschreibungen zum allgemeinen Verständnisse zu bringen.

A. Der Schädel.

1. *Os occipitis.*

Pars basilaris (Taf. VIII. Fig. 92).

Hat kleine Resorptionsflächen an der Schädelhöhlenfläche. Vier befinden sich seitlich, von denen Eine ganz vorn nahe an der Verbindungsfläche mit dem Keilbeinkörper ihre Lage hat, während die drei andern nahe am Rande der Verbindungsfläche mit der *Pars condyloidea* sich befinden. Von diesen ist die mittlere, da wo der genannte Rand am meisten medianwärts

umgebogen ist, die längste, die hinterste, an der hinteren Ecke befindliche, die kleinste. Eine vierte Rfl. liegt hinten in der Mitte, nahe am Rande des *Foramen magnum*.

Pars condyloidea (Taf. VIII. Fig. 92.).

Die Schädelhöhlenfläche hat eine lange schmale Rfl. lateralwärts von der Verbindungsstelle mit der *Pars basilaris* an den vorderen zwei Dritttheilen derselben, zweitens eine kleine solche Fläche ganz hinten am Rande des *Foramen magnum*, drittens ebensolche am hinteren Umfange der zwei oder drei *Foramina condyloidea anteriora* und viertens am Rande der Verbindungsfläche mit der *Squama*, woselbst in verschiedener Ausdehnung zwei oder drei kleine Rfl. sich finden.

Die Aussenfläche hat eine grössere Rfl. unterhalb der Verbindungsstelle mit der Schuppe an der rückwärts gerichteten Fläche des Knochens, deren Ausdehnung bei verschiedenen Individuen und selbst bei den entsprechenden Knochen Eines Thieres sehr variirt und medianwärts bis an den Rand des *Foramen magnum*, abwärts und lateralwärts bis nahe an das laterale Ende des Gelenkhöckers sich erstrecken kann. Eine zweite grosse Rfl. nimmt die ganze mediale Fläche des *Processus paramastoideus* ein.

Fernere Rfl. enthält die Grube zwischen dem genannten Fortsatze und dem *Prae. condyloideus*, in welcher die *Foramina condyloidea* ausmünden und zwar 1) medianwärts vom umgeschlagenen scharfen Rande des Gelenkkopfes, dicht an diesem Rande, 2) vorn an der Verbindungsstelle mit dem Keilbeinkörper und 3) am oberen und hinteren Umfange der *Foramina condyloidea*.

Pars squamosa (Taf. V. Fig. 61).

Besitzt an der Schädelhöhlenfläche eine grössere mediale und eine kleine laterale Resorptionsfläche dicht über der Verbindungsstelle mit der *Pars condyloidea*.

An der Aussenfläche liegt eine kleine Resorptionsfläche seitlich dicht über der Verbindung mit dem Gelenkstücke.

2. *Os sphenoideum* (Taf. IV. Figg. 2, 11).

Die Schädelhöhlenfläche hat eine grosse Resorptionsstelle an der vorderen Hälfte der *Ala parva*, die mit einer kleinen Unterbrechung im äussersten Theile 24 mm. in der Breite und 11 mm. in der Richtung von vorn nach hinten misst. Andere solche Flächen finden sich an den lateralen Rändern der *Foramina ovalia*, *orbitalia* (die durch Verschmelzung der *Fissura orbitalis superior* und des *Foramen rotundum* entstandene Lücke) und *optica*, die auch etwas an die Aussenfläche des Knochens sich erstrecken.

An der Aussenfläche des Knochens zeigt die *Lamina externa processus pterygoidei* eine grosse mediale Resorptionsfläche, die jedoch hinten die Furche für die *Tuba Eustachii* und ein Feld von 11 mm. Länge an der Spitze des Fortsatzes frei lässt, so jedoch, dass auch hier der vordere Rand eine Resorptionsfläche darstellt.

Noch grösser ist die Rfl. an der *Lamina interna* oder dem *Os pterygoideum* (Taf. III. Fig. 44), wo sie nahezu die ganze mediale Fläche einnimmt.

Endlich hat auch der *Processus ethmoidalis* des Keilbeines (Taf. IV. Fig. 11a) fast an seiner ganzen mit dem Siebbeinlabyrinthe verbundenen medialen Seite eine Resorptionsfläche.

3. *Os parietale* (Taf. V. Fig. 61).

Fast die ganze Schädelfläche dieses Knochens ist Resorptionsfläche und zwar ist dieselbe ganz ununterbrochen am vorderen unteren Theile des Knochens, der zwischen Felsenbein, Keilbein und Stirnbein eingeklemmt ist, am verticalen Abschnitte dagegen, der zwischen dem *Os frontis* und der *Squama* liegt, mehr nur an den Impressionen und auch hier nicht an allen zu finden.

4. *Os frontis* (Taf. III. Figg. 40, 41).

Die Schädelhöhlenfläche dieses Knochens hat Resorptionsstellen 1) am hinteren Drittheile, vor allem an den vorderen Abhängen der *Juga cerebralia* bis mehr weniger weit in die Impressionen hinein, 2) am vorderen Dritttheile da und dort, besonders an dem lateralen Theile des Ausschnittes, der das Siebbein aufnimmt.

Eine grosse Resorptionsfläche hat die *Pars orbitalis* an der medialen Fläche, da wo der Knorpel der *Ala parva* in eine Furche des Stirnbeines eingreift. Von dieser Fläche konnte in der Fig. 40 nur ein ganz schmaler Saum dargestellt werden.

Die Augenhöhlenfläche zeigt eine sehr auffallende grosse halbkreisförmige, 6—13 mm. breite Resorptionszone, die 1,5—2,0 mm. vom *Margo orbitalis* entfernt, vom *Processus zygomaticus* bis vorn zur Ecke hinzieht, mit der das *Os lacrymale* und der *Processus ethmoidalis* des Keilbeines sich verbinden. Andere solche Flächen finden sich an der lateralen Wand des *Foramen supraorbitale* (Fig. 41), an der hinteren Fläche des *Processus zygomaticus* (Fig. 40) und klein an der Aussenseite des Fortsatzes, der zwischen beide Keilbeinflügel sich einschiebt (Fig. 41). Ferner zeigen die Wandungen, die die Stirnhöhlen begrenzen, so zu sagen nur Eine grosse Resorptionsfläche (Fig. 40).

5. *Os temporum* (Taf. V. Fig. 32).

Dieser Knochen hat viele kleinere und Eine grosse Resorptionsfläche und zwar:

a) Eine sehr grosse Fläche an der ganzen medialen und oberen Seite des *Processus zygomaticus.*

b) Zwei kleinere Rfl. an der Schädelhöhlenseite der Schuppe nach vorn zu, da wo dieselbe mit dem vordersten Theile des *Os parietale* und der *Ala magna* sich verbindet.

c) Zwei eben solche hinten an der Schädelhöhlenfläche der *Pars petrosa.*

d) Eine lange Rfl. an der lateralen Wand und der Decke des über dem *Meatus auditorius externus* ausmündenden grossen *Emissarium venosum temporale.*

e) Mehrere kleine Rfl. an der Verbindungsfläche der Pyramide mit der *Pars condyloidea ossis occipitis* nach unten zu.

f) An der lateralen Wand des venösen Sulcus, der auf das *Emissarium condyloideum* des *Os occipitis* zuführt.

g) An der *Bulla ossea* finden sich kleinere Rfl. einmal an der unteren medialen Wand der Rinne, die den Griffelfortsatz aufnimmt, zweitens an der oberen lateralen Fläche unterhalb der Wurzel des *Proc. zygomaticus*, drittens an der medialen Seite der lateralen Wand der *Tuba Eustachii*, viertens an der Stelle, wo die Bulla der Spitze der Pyramide am nächsten liegt.

6. *Os ethmoideum.*

Eine detaillirte topographische Untersuchung dieses Knochens musste werthlos erscheinen, da bei der wandelbaren Anordnung der Blätter und Höhlen dieses Knochens ein Einzeichnen der an Einem Siebbeine gefundenen Resultate auf ein anderes, oder auf die andere Hälfte desselben Knochens unmöglich war und die Darstellung und Beschreibung des an Einem Knochen Gefundenen ohne sehr viele Abbildungen sich nicht durchführen liess. Ich beschränke mich daher auf die allgemeine Bemerkung, dass alle Siebbeinhöhlen an einer oder zwei Innenflächen und alle eingerollten Lamellen an der concaven Seite Resorptionsflächen zeigen.

7. *Concha inferior* (Taf. VI. Fig. 75).

Diese Muschel besteht aus einer mittleren Platte, von deren unterem Rande ein mediales und ein laterales eingerolltes Blatt ausgehen. An der mittleren Platte ist der obere Rand vorn median-

wärts gebogen und besitzt hier an seiner unteren Seite eine lange bis zu 4,5 mm. breite Resorptionszone. Hinten ist dieser Rand lateralwärts um- und abwärts gebogen und zeigt an seiner ganzen concaven Seite eine grosse Rfl., welche auch auf den vorderen Theil der lateralen Fläche der mittleren Platte sich erstreckt und nur die vordere obere Partie dieser Fläche frei lässt.

An den zwei umgerollten Blättern finden sich ungemein viele Resorptionsstellen, die vor allem die concaven Seiten derselben einnehmen, aber auch an der convexen Seite an einzelnen Stellen vorkommen. Eine genauere Bestimmung dieser Rfl. habe ich aus denselben Gründen unterlassen, von denen schon beim Siebbeine die Rede war.

8. *Vomer* (Taf. V. Fig. 56).

Dieser Knochen, den ich für sich aufzähle, obgleich er beim Kalbe untrennbar mit dem Siebbeine verbunden ist, hat an folgenden Stellen Resorptionsflächen:

a) Im tieferen Theile der den Scheidewandknorpel enthaltenden Rinne fast in ihrer ganzen Länge.
b) An den Seitenflächen des am hinteren Ende befindlichen Kieles.
c) An den oberen Hälften der Aussenflächen des hinteren Abschnittes des rinnenförmigen Theiles.
d) Am unteren Rande und den Seitenflächen dicht hinter der mit den beiden Oberkiefern in der Gegend der *Sutura palatina* sich verbindenden Fläche.

9. *Maxilla superior* (Taf. IV. Fig. 54).

Die Gesichtsfläche hat eine kleine Resorptionsstelle ganz vorn, hinter der vordersten Spitze, die mit dem *Intermaxillare* sich verbindet, ferner eben solche am *Foramen infraorbitale* am oberen und unteren Umfange, endlich eine kleine Rfl. vor der Alveole des ersten Backzahnes.

An der Nasenfläche trägt die laterale Wand eine sehr grosse elliptische Rfl. von 4,2 Cm. Länge und 1,3 Cm. grösster Breite. Eine ähnliche Fläche von 3,4 Cm. Länge, 6,5 mm. grösster Breite zeigt der Gaumenfortsatz des Knochens am Boden der Nasenhöhle.

Fernere Resorptionsflächen finden sich:

a) In der Furche zur Aufnahme des *Intermaxillare* an der medialen Fläche der lateralen Begrenzungsplatte.
b) Im *Antrum Highmori* fast überall mit Ausnahme der oberen Wand des *Canalis infraorbitalis* in der Mitte und der vom Grunde der Alveolen herrührenden Vorsprünge.
c) Endlich in den Alveolen und zwar an derjenigen des 4. noch nicht durchgebrochenen Backzahnes an der ganzen Innenwand, bei den anderen an den Seitenwänden, nicht aber an den mittleren die Wurzeln trennenden Vorsprüngen und Leisten.

10. *Nasale* (Taf. III. Fig. 43).

Besitzt drei Resorptionsflächen:

a) Eine grosse an der concaven Nasenfläche.
b) Eine kleinere an der lateralen ebenen Nasenfläche.
c) Eine noch kleinere in einer mit dem *Sinus frontalis* zusammenhängenden Vertiefung, die an den Nasenbeinen etwas älterer Kälber sich findet.

11. *Os palatinum* (Taf. IV. Fig. 54).

Dieser Knochen hat eine sehr grosse, fast die ganze Nasenfläche einnehmende Rfl., ferner eine ähnliche Fläche an der medialen Seite der mit dem *Tuber maxillae* sich verbindenden kleinen Knochenplatte.

Ausserdem ist die innere Oberfläche des mit dem *Antrum Highmori* verbundenen Sinus des Knochens so zu sagen nur eine einzige Resorptionsfläche. Endlich haben auch die *Canales palatini* an der lateralen Wand Howship'sche Grübchen.

12. *Intermaxillare* (Taf. III. Figg. 45, 46).

Hat folgende Resorptionsflächen:

a) Am Gaumenfortsatze an der das *Foramen incisivum* begrenzenden Fläche.
b) An der vordersten Spitze an der oberen oder Nasenfläche.
c) An der Spitze des Oberkieferfortsatzes am vorderen Rande.
d) An dem nämlichen Fortsatze am unteren Rande an dem in einen Falz des Oberkiefers sich einschiebenden Winkel.

13. *Os lacrymale.*

Die ganze innere, einen Theil des *Antrum Highmori* bildende Höhle ist so zu sagen nur Eine Resorptionsfläche. Dagegen hat die Augenhöhlenfläche nur eine ganz kleine solche Fläche. Eine dritte solche Fläche findet sich an der Decke des *Canalis lacrymalis.*

14. *Zygomaticum* (Taf. IV. Fig. 55).

Hat zwei Rflächen, eine erste, welche die ganze Länge der Augenhöhlenfläche dicht am *Margo infraorbitalis* einnimmt und hinten am *Processus frontalis* eben so breit ist, wie diese Fläche, und eine zweite am medialen Rande des *Processus temporalis.*

15. *Maxilla inferior* (Taf. III. Figg. 18, 19).

Besitzt folgende sehr charakteristische Resorptionsflächen:

a) Am vorderen Rande des *Processus coronoideus* von der Alveole des letzten (4.) beim Kalbe vorkommenden Backzahnes an bis in 3,2 Cm. Entfernung von der Spitze.
b) An der lateralen Seitenfläche der Spitze des genannten Fortsatzes (Fig. 18), welche Fläche sich dicht unter der Spitze hinten herum noch etwas auf die mediale Seite hinüberzieht (Fig. 19).
c) An der vorderen Seite des Gelenkfortsatzes, an dem an der medialen und lateralen Seite die Resorptionsflächen besonders entwickelt sind und hier bis unter die Incisur (Fig. 18), dort bis zum *Foramen alveolare* sich erstrecken (Fig. 19), auf dessen laterale Wand sie übergehen.
d) Am vorderen Ende dicht hinter der verdickten Stelle, welche die Schneidezähne trägt, allwo die Rflächen fast ganz ringsherum gehen und an der medialen Seite der oberen scharfen Kante des Knochens bis nahe an den ersten Backzahn sich erstrecken.
e) An den Wänden der Alveolen an denselben Stellen, wie beim Oberkiefer.

B. Knochen des Rumpfes.

I. Wirbelsäule.

Von Wirbeln habe ich einen Lendenwirbel, den Atlas und das *Os sacrum* untersucht, die als Typen der Wirbel gelten können.

1. *Vertebra lumbaris* (Taf. IV. Figg. 29, 30).

Resorptionsflächen finden sich:

a) Am Wirbelkörper an den lateralen Seiten der zwei *Emissaria venosa* der hinteren Fläche.

b) An den Seitenflächen der *Processus spinosi* unweit des oberen Randes.

c) Am vorderen Rande der hinteren *Processus obliqui.*

d) An der unteren Seite der *Processus costarii,* besonders in der Nähe des vorderen Randes und der Spitze.

e) An dem Theile der Bogen, der an der Bildung der Wirbelkörper Antheil nimmt und zwar einmal an der Aussenfläche dicht hinter dem vorderen und hinteren Rande und zweitens an der dem Wirbelkanale zugewendeten Seite an den gleichen Stellen, welche Rflächen so gross sind, dass sie in der Mitte sich nahezu berühren.

f) An der dem Wirbelkanale zugewendeten Seite des eigentlichen Bogens an zwei Stellen rechts und links von der Verwachsungsstelle der Bogenhälften, Rflächen, die 11 mm. in der Länge und 5,5 mm. in der Breite messen.

2. *Os sacrum* (Taf. V. Figg. 33, 34, 39).

Besitzt Resorptionsflächen:

a) An der Aussenfläche unterhalb der Spitzen der *Processus spinosi* an beiden Seiten.

b) Innen gegen den Wirbelkanal an den Ausgangsstellen der Bogen, Flächen, die am 3. Wirbel bis nahe an die Vereinigungsstellen beider Bogen sich heranziehen.

c) In der Nähe des Randes der *Massae laterales.* Am 1. Wirbel beginnt diese Rfl. oben etwas vor der Mitte der *Massae laterales,* zieht vorn bis zur Verbindung derselben mit denen des 2. Wirbels herunter und dann an der lateralen Seite des *Foramen sacrale anterius I* bis zur vorderen Begrenzung des *Foramen sacrale posterius I.*

Am 2. Wirbel steht diese Rfläche an der medialen Seite der *Massae laterales* und reicht vom vorderen bis zum hinteren *Foramen sacrale.*

Die gleiche Lage hat die Rfläche am 3. Wirbel an der medialen Seite der *Cornua sacralia.*

d) An den Wirbelkörpern in der Nähe des oberen und unteren Randes. Gesehen am 2. Wirbel vorn am unteren Rande und am 3. Wirbel gegen den Wirbelkanal zu am unteren und oberen Rande. Diese Flächen finden sich bei älteren Kreuzbeinen wahrscheinlich an allen Wirbeln an beiden Enden.

e) An der vorderen Fläche des ersten *Processus obliquus spurius* etwas nach hinten zu.

3. *Atlas* (Taf. VI. Fig. 77, Taf. VIII. Fig. 93).

Hat eine sehr grosse Rfl. an der Innenfläche des *Arcus posterior* zu beiden Seiten der Vereinigungsstelle desselben, die mit einer Breite von 16 mm. am hinteren Rande des Bogens beginnt und mit 4 mm. unweit des vorderen Randes endet.

Eine zweite schmale, längliche Rfl. findet sich an der Dorsalfläche des *Processus transversus,* nahe an dessen Rande.

Eine dritte Resorptionsfläche endlich liegt am ganzen vorderen Umfange des Canales für die *Arteria vertebralis.*

II. Rippen (Taf. V. Fig. 62).

Die Rippen haben gut ausgebildete grosse Rfl. am Sternalende an beiden Seiten und eine kleinere solche am Köpfchen an der oberen und concaven Seite der Diaphyse.

C. Extremitäten.

Vordere Extremität.

1. *Scapula* (Taf. IV. Figg. 31, 38).

Dieser Knochen zeigt eine 3,2 Cm. lange, ganz schmale Zone von Howship'schen Grübchen an der lateralen Seite des Gelenktheiles unweit des Randes der *Cavitas glenoidea* und sehr grosse Rflächen in den 3 Gruben in der Nähe der Basis. Die der *Fossa supraspinata* ist 6,2 Cm. in der Richtung der Längsaxe des Knochens lang, dem vorderen Rande genähert und dicht an der Basis des Knochens 1,5 Cm. breit. In der *Fossa infraspinata* ist die Resorptionszone dicht an der Spina 4,5 Cm. lang, weiter gegen den unteren Rand dagegen verschmälert sich dieselbe auf ein 1,3—1,7 Cm. breites Band, welches in geringer Entfernung der Basis folgt.

Am grössten ist die Rfl. in der *Fossa subscapularis*, wo dieselbe in der Richtung der längsten Axe des Knochens 3,2—6,3 Cm. misst und nur die Gegend des unteren Randes in einer Breite von höchstens 1,7 Cm. frei lässt.

2. *Humerus* (Tab. IV. Figg. 17, 18).

Am oberen Ende besitzt die Diaphyse eine grosse Resorptionsfläche dicht unterhalb des Theiles, der den Gelenkkopf der Epiphyse trägt. Diese Fläche umkreist so ziemlich den halben Knochen und misst an der am meisten vorspringenden Seite der Diaphyse, wo sie in der Richtung der Längsaxe des Knochens am entwickeltesten ist, abgesehen von der Krümmung, 1,7 Cm.

Am unteren Ende trägt die Diaphyse in der vorderen und hinteren Grube Rfl., von denen die erstere die grösste ist und noch etwas auf die laterale Seitenfläche übergeht.

3. *Radius* (Taf. IV. Figg. 20, 21).

Am oberen Ende hat dieser Knochen nur eine kleine Rfl. und zwar vorn mehr nach der Ulnarseite zu, wogegen am unteren Ende ringsherum eine mächtige Resorptionszone liegt, die ihre grösste Längenerstreckung an der medialen Seite sowohl vorn als hinten hat und hier bis zu 3,7 Cm. misst.

4. *Ulna* (Taf. II. Figg. 22, 23).

Besitzt nur am unteren Ende der Diaphyse eine Resorptionszone, die die dem Radius zugewendete Seite frei lässt und in der grössten Längenerstreckung 5,8 Cm. beträgt.

5. *Metacarpus* (Taf. II. Figg. 13, 14, 15).

Die Diaphyse zeigt an der hinteren Seite des oberen Endes zwei kleine Rfl., am untern Ende dagegen liegt eine ringsherumgehende solche Zone von 3 Cm. Längenerstreckung in maximo, die auch an den einander zugewendeten Seiten beider Condylen nicht fehlt.

6. *Phalanx I* (Taf. III. Fig. 53).

Die *Phalanx prima* beider Zehen besitzt am oberen Ende der Diaphyse vorn eine ganz kurze, die Hälfte des Knochens umkreisende Resorptionszone.

Hintere Extremität.

1. *Becken* (Taf. III. Figg. 35, 37).

Dieser Knochen besitzt an vielen Stellen Resorptionszonen und zwar:

a) In der *Incisura acetabuli* an der medialen und lateralen Begrenzungswand.

b) Am Pfannentheile des *Os pubis* an der medialen Seite eine kleine Stelle.

e) Am unteren Umfange des *Foramen obturatum* an einer auf der Seite der Beckenhöhle gelegenen halbmondförmigen Fläche, die am Schambeine etwas weiter heraufgeht als am Sitzbeine und dort auch etwas auf die äussere Fläche übergreift.
d) Am aufsteigenden Sitzbeinaste an der Aussenseite dicht neben der Symphyse.
e) Abwärts vom Sitzbeinhöcker an der Aussenseite des Knochens dicht vor dem hinteren Rande des Sitzbeins (lange schmale Fläche).
f) Dicht vor dem *Tuber ischii* an der Aussenfläche des Knochens (grosse, auch etwas auf die Beckenfläche des Höckers übergehende Zone).
g) Am Pfannentheile des Sitzbeines an der Seite der Beckenhöhle und gegen das Schambein zu (Fig. 37).
h) An der medialen Seite des Pfannentheiles des Darmbeines (Fig. 37).
i) An der vorderen Seite desselben Knochentheiles an der lateralen und vorderen Seite.
k) Am vorderen Darmbeinstachel an der lateralen Seite, am vorderen Rande und auch etwas von der medialen Seite.

2. *Femur* (Taf. II. Figg. 26, 27, 28).

Am oberen Ende der Diaphyse befindet sich eine gut entwickelte Resorptionsfläche unterhalb des Fortsatzes, der den Kopf trägt, welche aus einem medialen grösseren und einem hinteren kleineren Abschnitte besteht. Eine zweite Rfl. liegt unterhalb des Vorsprunges, der den *Trochanter major* trägt vorn und seitlich (Fig. 26, 28).

Das untere Ende des Knochens hat dicht am Diaphysenende eine ringsherumgehende Zone von Howship'schen Grübchen, die vorn niedrig ist, hinten und seitlich von 1 Cm. bis zu 2,8 Cm. in der Länge misst.

3. *Tibia* (Taf. II. Figg. 24, 25).

Am oberen Ende der Diaphyse liegt eine ringsherumgehende Rfl., die nur die Gegend der *Tuberositas* freilässt und seitlich unter den Condylen bis 2,8 Cm. in der Längserstreckung misst. Am unteren Ende finden sich 3 Resorptionsflächen, die mit Ausnahme dreier grösserer Einbiegungsstellen des unteren Randes ringsherum gehen. Zwei davon sind kleiner und liegen lateralwärts, die dritte ist grösser und an der medialen Seite befindlich.

4. *Tarsus* (Taf. IV. Fig. 52).

Von allen Knochen desselben zeigt nur der *Calcaneus* an dem Theile des Fersenhöckers, der dem Hauptstücke des Knochens angehört, hinten und oben eine gut entwickelte Rfl., die auch an beiden Seiten sich herabzieht.

5. *Metatarsus.*

Verhält sich wie der *Metacarpus* nur dass die kleinen Rflächen am oberen Ende fehlen.

6. *Phalanx I.*

Verhält sich wie beim Vorderfusse.

Skelette anderer Säugethiere.

Von anderen Säugethieren habe ich das Schwein und den Hund an mit Crapp gefütterten Thieren und ausserdem den Hirsch, die Gemse und den Elephanten auf die Verbreitung der Resorptionsflächen untersucht.

Skelett des Schweines.

Die Thiere, an denen ich meine Versuche anstellte, waren einmal 3 Ferkel von 5½ Wochen.

No. I wurde 43 Tage mit Crapp gefüttert, dann 11 Tage auf gewöhnliches Futter gesetzt und getödtet.

No. II erhielt während 43 Tagen Crapp und 23 Tage gewöhnliche Nahrung.

No. III endlich wurde 5 Tage mit Crapp gefüttert, dann zwei Tage ohne Futter gelassen und getödtet.

Ausserdem habe ich nun noch an einem Ferkel von unbekanntem Alter No. IV einen Versuch mit einer Crappfütterung gemacht, indem das Thier 17 Tage gefüttert und dann sofort umgebracht wurde.

Im Allgemeinen ergaben sich hier dieselben Resorptionsflächen, wie beim Kalbe und hebe ich daher nur einige Verhältnisse von grösserem Interesse hervor.

1) Unterkiefer.

Beim Thiere No. I fanden sich an diesem Knochen eine grössere Zahl von rothen Stellen, an denen keine Apposition stattgehabt hatte, die nach Analogie mit dem Kalbe unmöglich alle als Resorptionsstellen angesehen werden konnten. Es wurden daher die zweifelhaften unter denselben mikroskopisch untersucht, wobei sich ergab, dass eine gewisse Anzahl derselben indifferente Stellen waren (siehe oben). Als solche ergaben sich:

a) Eine grösssere Fläche an der medialen Seite des Kieferwinkels unterhalb und hinter dem *Foramen alveolare.*

b) An der medialen Seite des horizontalen Astes unterhalb der Backzähne mehrere längere schmale Zonen und zwar 1) eine obere in der Gegend des 1. und 2. Backzahnes; 2) eine mittlere unterhalb des 3. und zum Theil auch des zweiten Backzahnes da gelegen, wo die vom *Canalis alveolaris* herrührende Wölbung sich findet; 3) eine kleinere Zone nahe am unteren Kieferrande in der Höhe des 4. noch nicht durchgebrochenen Backzahnes.

c) An der Aussenfläche des Kieferwinkels nahe dem hinteren und unteren Rande.

Das Thier No. IV zeigte dieselben indifferenten Flächen wie No. I, nur waren dieselben alle grösser und ausserdem waren solche auch noch vorn neben der Symphyse und zwar an beiden Flächen vorhanden.

Beim Schweine No. II war a) Appositionsfläche geworden und b 1) und b 2) in Umbildung zu Resorptionsflächen begriffen, mit anderen Worten an bestimmten Stellen mit kleineren Howship'schen Grübchen versehen, während c) immer noch indifferente Fläche war.

Die Resorptionsflächen anlangend, so stimmen die an dem *Proc. coronoideus* und *condyloideus* mit denen des Kalbes überein, dagegen erscheint vorn eine Rfläche nur in dem Winkel, in dem beide Hälften des Knochens zusammenstossen. Im Innern ist der *Canalis alveolaris* an seiner Wandung überall mit Resorptionsgrübchen versehen.

2) Eigentlicher Schädel.

Sehr lehrreich war die Vergleichung des Schädels von I und II[1]), indem viele Stellen, an denen nach 11 Tagen Darreichung gewöhnlichen Futters nach der Crappfütterung noch keine neuen

[1]) Ich sehe bei den folgenden Schilderungen von den Schädeln III und IV ab, da No. III sehr blass geröthet ist, und IV, den ich erst in diesem Sommer (1873) präparirte, obgleich schön roth, so fett erscheint, dass er ohne vorherige Reinigung nicht gut zu verwerthen ist.

Knochenablagerungen sich fanden, an dem 12 Tage länger mit gewöhnlichem Futter genährten Thiere von weissen Appositionsschichten überlagert sich fanden. Diese Stellen sind somit beim ersten Thiere als indifferente anzusehen oder überhaupt als solche, an denen in dem betreffenden Alter der Ansatz nicht continuirlich, sondern nur zeitenweise statthat. — Da diese Verhältnisse, wie wir oben schon sahen, bis anhin noch gänzlich unerforscht und unbekannt sind, so halte ich es nicht für überflüssig, die wichtigsten Stellen genauer namhaft zu machen, die beim Schweine No. I als indifferente erschienen.

Die Schädelhöhle ergab sich am Dache und an den Seitentheilen an ihrer Oberfläche so intensiv geröthet (Taf. VI. Fig. 69), dass die farblosen Appositionsflächen ganz in den Hintergrund traten und weitaus das Meiste dieser Flächen Resorptionsfläche zu sein schien. Nun ergab aber schon die mikroskopische Untersuchung, dass lange nicht alle rothen Stellen Howship'sche Grübchen besassen und bei Vergleichung der Schädel der Thiere No. I und No. II stellte sich noch bestimmter heraus, dass die Resorptionsflächen der Innenfläche des Schädels am Stirnbeine, Scheitelbeine, *Os occipitis* und am Felsenbeine doch nicht so zahlreich und gross sind, wie es auf den ersten Blick erscheint. Da von einer detaillirten Beschreibung dieser Verhältnisse nicht die Rede sein kann, so verweise ich auf die Fig. 69 und 70 auf Taf. VI. und bemerke im Einzelnen nur Folgendes.

Die Theile, an denen zuerst Apposition auftritt, sind im Bereiche der genannten Gegend des Schädels die *Sutura coronaria*, und ihre Fortsetzung die *Sutura squamoso-orbitalis* und *spheno-orbitalis*, dann die *Sutura squamosa* und *lambdoidea* und die *Sutura sagittalis* am hinteren Theile, ferner die *Incisura ethmoidalis* des Stirnbeins am lateralen und oberen Theile, die Schuppe des Schläfenbeins lateralwärts von der Kante, die die hintere Schädelgrube begrenzt, die *Protuberantia occipitalis interna* und eine Reihe *Juga cerebralia* am Stirn- und Schläfenbeine. Dagegen waren beim Schweine No. I roth fast alle *Impressiones digitatae*, die *Pars orbitalis* des Stirnbeins und mehrere Juga. An allen diesen Stellen hatten nun beim Schweine No. II so bedeutende neue Ablagerungen stattgefunden, dass dieselben nur noch matt rosa erschienen und Loupe und Mikroskop überall eine Masse weisser Inseln in den rothen Stellen ergab, so dass von einer Beschreibung oder genauen Abbildung dieser keine Rede mehr sein konnte.

An der Innenfläche der Schädelbasis und der unteren Seitentheile zeigte sich die Apposition in erster Linie am Körper der beiden Keilbeine mit Ausnahme einer Stelle unter und seitlich neben der Sattellehne, die auch später noch als Resorptionsfläche vorhanden war. Auch der Körper des *Os occipitis* war mit Ausnahme eines schmalen Saumes an den Seitenrändern ganz farblos überlagert. Dasselbe gilt von der *Pars condyloidea ossis occipitis*, wogegen die Schuppe über den Verbindungsstellen mit den Gelenkstücken eine grössere rothe Fläche besass, die durch Vergleichung mit dem Schädel No. II in ihrer obern Hälfte als eine indifferente sich ergab. Am Felsenbeine war sehr auffallend die Röthung der hinter der Pyramide unterhalb der *Crista tentorii* neben dem *Os occipitis* gelegenen *Pars mastoidea*, welche im Schädel II einem guten Theile nach durch Auflagerungen erblasst sich vorfand.

An beiden Schädeln I und II zeigten sich die lateralen Wandungen der *Foramina condyloidea*, *lacerum posterius*, *lacerum anterius*, *ovale*, *orbitale* und *opticum* als Resorptionsflächen roth, ebenso, was ich beim Kalbe nicht gesehen, einzelne Theile der Pyramide des Felsenbeines, vor allem die Wandungen des *Meatus auditorius internus*. An der *Ala magna* war eine Resorptionsfläche vor dem *Foramen lacerum anterius* an der medialen Seite des *Foramen orbitale* und an der *Ala parva* nahe am Rande, der mit der *Pars orbitalis* des Stirnbeines sich vereint; ferner an dem Theile der *Lamina cribrosa*, der am *Rostrum sphenoidale* ansitzt und zwar an der oberen Hälfte dieser *Lamina*. In Summa zeigten sich somit in den unteren Theilen der Schädelhöhle wenig indifferente Stellen.

Zur Aussenfläche des Schädels übergehend erwähne ich zuerst einer Resorptionsfläche an der Aussenfläche der *Squama ossis occipitis*, dicht über dem *Foramen magnum* und den *Partes*

condyloideae, die beim Kalbe fehlt. Beim Schweine No. I war hier eine viel grössere rothe Fläche als bei No. II, die in ihrem oberen Theile als eine indifferente bezeichnet werden muss.

In sehr bemerkenswerther Weise zeigte das Schwein No. I die untere Fläche der *Pars basilaris* des *Os occipitis* und des hinteren Keilbeinkörpers grösstentheils roth, während beim Schweine II diese Theile mit Ausnahme einer kleinen Stelle vorn am *Os basilare* von farblosen Schichten bedeckt waren.

Der *Processus paramastoideus* zeigte eine indifferente Stelle an der lateralen Fläche in der Mitte und eine grössere an der Basis nach hinten zu, welche beim Schweine No. II auch noch theilweise vorhanden war. Eine gute Resorptionsfläche hat die mediale Seite des Fortsatzes bis nahe an die Spitze.

Am *Proc. condyloideus ossis occipitis* ist lateralwärts neben dem Gelenkkopfe eine bandförmige indifferente Zone.

Gute Resorptionszonen hat beim Schweine No. II der *Processus pterygoideus* an der medialen Seite in dem *Sulcus pro tuba Eustachii*, Flächen, die beim Schweine No. I viel ausgebreiteter sind und zum Theil als indifferente erscheinen.

Das *Os pterygoideum* besitzt eine kleine Resorptionsfläche an der oberen Hälfte der medialen Fläche über der Mitte. Am Keilbeine finden sich ausserdem noch Resorptionsflächen an der medialen Seite des *Processus ethmoidalis* und an der lateralen Seite des *Rostrum sphenoidale*.

Das Schläfenbein hat an der Aussenseite Resorptionsflächen:

a) An der oberen Seite der Wurzel des *Processus zygomaticus*, allwo die besagte Fläche beim Schweine No. II ausgedehnter ist, als bei No. I.

b) An der unteren Seite desselben Knochentheiles unmittelbar vor dem *Meatus externus*.

c) An der vorderen lateralen Seite der Crista, die am *Meatus osseus* gegen die *Bulla ossea* herabzieht.

d) An der *Bulla ossea* an der Seite, die den *Foramina lacera* und der *Pars basilaris ossis occipitis* zugewendet ist.

e) An der medialen Seite des *Processus zygomaticus* gegen die Wurzel dieses Fortsatzes zu.

Vergleicht man das Schläfenbein von No. I und II, so findet man in der Nähe fast aller Resorptionsflächen an ersterem indifferente Stellen, besonders an der *Bulla ossea*. — Bei beiden Thieren liegt ferner eine solche Stelle an der unteren Seite der Spitze der *Ala parva*, dann an der Ecke der Schuppe, die ans Stirnbein angrenzt, welche letztere Zone jedoch auch kleinere Inseln mit Resorptionsgrübchen enthält.

3) Die Gesichtsknochen.

Augenhöhle.

Die Vergleichung des Schädels von I und II zeigt sehr bestimmt, dass in der Nähe der halbmondförmigen Resorptionszone am Dache der Augenhöhle, die dem Schweine ebensogut, wie dem Kalbe zukommt, überall indifferente Stellen sich finden, welche Stellen in der Nähe des *Angulus sphenoidalis* und vor und hinter dem *Foramen supraorbitale* am entwickeltesten sind.

Im Bereiche der Augenhöhle finden sich ferner Resorptionsstellen an der lateralen und oberen Wand des *Canalis supraorbitalis*, an der lateralen Wand des *Canalis lacrymalis* und an der medialen Wand des *Processus temporalis* des *Os zygomaticum*, woselbst der Knochen des Schweines No. I auch indifferente Stellen enthält. An diesem Knochen habe ich auch etwas gefunden, was beweisen möchte, dass Appositionsvorgänge und Resorptionserscheinungen sehr rasch auf einander folgen können, nämlich ein Vorkommen von Resorptionsgrübchen auch an farblosen oberflächlichen Stellen im Umkreise der rothen Zonen. Hier muss seit dem Aussetzen des Crapps und der Anbildung weisser Lagen noch ein Uebergreifen der benachbarten Resorptionsflächen auf die neuen Schichten stattgefunden haben.

Nasenhöhle.

Dieselbe zeigt typische Resorptionsflächen:

a) An der medialen Fläche des Nasenfortsatzes des *Os palatinum* und des mit dem *Proc. pterygoideus* sich verbindenden unteren Vorsprunges, von wo aus die Rfläche noch etwas an die untere Seite des *Processus palatinus* übergeht.

b) Am Boden der Nasenhöhle in nahezu der ganzen Länge des Oberkiefers (lange, schmale Zone).

c) An der Seitenwand der Nasenhöhle im Bereiche des Oberkiefers. Hier findet sich eine kleine hintere Fläche in der Nähe des Gaumenbeines und zwei grössere vordere, die durch die Insertionsstelle der unteren Muschel getrennt sind.

d) Am Zwischenkiefer liegt eine Fortsetzung der oberen der beiden zuletzt erwähnten Flächen, die bis zum Rande der *Apertura nasalis externa* sich hinzieht; fernere Rflächen zeigen die laterale Seite des *Processus palatinus*, da wo derselbe das *Foramen incisivum* begrenzt und der vorderste Theil des Knochens, insoweit er an der Bildung des Bodens der Nasenhöhle Antheil nimmt.

Alle diese Flächen am *Palatinum* und *Maxillare superius* sind beim Schweine No. I erheblich grösser als bei No. II und zeigen indifferente Stellen an ihren Randtheilen.

e) Das Pflugschaarbein zeigt Rflächen in seiner Rinne und zwar am Boden derselben, dann an der Aussenfläche nach unten und vor der Verbindung des Knochens mit dem Siebbeine, endlich hinter dieser Stelle in der Nähe des oberen Randes.

f) Am Siebbeine deckt die Crappfütterung die Resorptionsflächen besser auf, als eine andere Methode, doch trotzen dieselben auch in diesem Falle ihrer Zahl und Mannigfaltigkeit halber jeder detaillirteren Beschreibung.

Im Allgemeinen zähle ich auf: a) die *Lamina papyracea* an der medialen Fläche besonders nach unten zu, b) die eingerollten Blätter der Labyrinthe zum Theil an der Aussenseite gegen die Scheidewand zu, zum Theil an ihren inneren Flächen, c) die *Lamina cribrosa* an der medialen Fläche.

g) Die untere Muschel hat zerstreute Resorptionsflächen an beiden Seiten, vor allem aber trägt sie solche Flächen an der concaven Seite der zwei eingerollten Blätter.

h) Das Thränenbein zeigt an seiner Nasenfläche und an der Wand des *Antrum Highmori* Resorptionsflächen.

i) Das Nasenbein endlich hat Rflächen an beiden Seiten seiner lateralen am Dache der Nasenhöhle liegenden Kante.

Aussenfläche des Gesichts.

Von dieser ist nur zu erwähnen:

a) Eine bedeutende Resorptionsfläche vorn am *Processus zygomaticus* des Oberkiefers und

b) einige indifferente Flächen über und hinter dem *Foramen infraorbitale*, die bei No. II fehlten.

Hier erwähne ich nun auch noch der Stirnhöhlen, deren Begrenzungswand grösstentheils Resorptionsfläche ist.

An dem Schädel des Schweines stehen viele Knochen sowohl des eigentlichen Schädels als des Gesichtes an den Nähten durch tief in einander eingreifende dünne Blätter in Verbindung, welche Blätter bei den Schweinen No. I und II, vor allem an No. I, an vielen Orten stellenweise intensiv roth gefunden wurden. Eine mikroskopische Untersuchung dieser Nahtblätter lehrte, einmal, dass dieselben viele indifferente Stellen besitzen, und zweitens, was mir bis anhin nicht bekannt geworden war, dass an ihnen auch viele Resorptionsflächen sich finden. Besonders schön traf ich diese an der Gaumennaht, deren Blätter auch eine ganz besondere und zierliche Architektonik

darbieten, indem sie in der Mitte mehr senkrecht stehen und vorn und hinten stark gebogene Blätter, wie elastische Federn, bilden, die die Convexität gegen die Mitte zu richten.

Ausserdem waren Resorptionsflächen besonders an den Blättern der in der Sagittalrichtung verlaufenden Nähte zu sehen, fehlten aber doch auch an den transversalen Nähten nicht ganz. Eine topographische detaillirte Untersuchung der Nähte auf diese Verhältnisse habe ich übrigens noch nicht unternommen, da mir für einmal die Constatirung der Thatsache im Allgemeinen hinreichend erschien und bemerke ich nur noch, dass bei den Schweinen No. I und II die Resorptionsgrübchen an den Nahtblättern nicht ausschliesslich in gerötheten Gewebe sich fanden.

Zur Vervollständigung des Bildes der Wachsthumsgesetze des Schädels des Schweines ist es nun übrigens nöthig, nicht nur die Resorptionsstellen und die indifferenten Oberflächen, sondern auch die Appositionsflächen in's Auge zu fassen. Es wäre nicht schwer gewesen, die Anbildung periostaler Lagen genau durch Zahlen zu bestimmen, in derselben Weise, in welcher die Wachsthumsgrösse an den Verknöcherungsrändern der Diaphysen von mir gemessen worden ist (Würzburg. Verhandlung Bd. III.). Ich konnte mich jedoch für einmal nicht entschliessen, einen der zwei schönen Crappschädel zu diesem Zwecke ganz zu opfern und beschränke mich daher auf folgende Zahlenangaben, die sich auf das Schwein No. I beziehen, bei welchem 11 Tage vor dem Tode Futter ohne Crapp dargereicht worden war und bei dem ich auch die Wachsthumsgrössen an den Rumpfknochen gemessen habe (l. s. c.).

Tabelle IV.

Dicke der periostalen Wachsthumsschichten in mm. bei dem Schweine No. I, bei dem 43 Tage Crapp und 11 Tage gewöhnliches Futter dargereicht worden war.

Squama ossis occipitis oberer Rand	2,7 —3,3
Protuberantia occipitalisis interna	1,5
Processus paramastoideus hintere Fläche und Spitze	2,0 —2,7
Sutura lambdoidea, Wachsthumszone am *Os parietale*	0,10—0,13
„ „ *Os occipitale*	0,12—0,25
Sutura frontalis an beiden Knochen je	0,40—0,54
Sutura sagittalis „ „ „ „	0,27—0,40
Sutura squamosa „ „ „ „	0,3 —1,1
Sutura spheno-frontalis	0,54—0,83
Os parietale in der Mitte neben der *Sutura parietalis*, Aussenfläche	1,3 —1,6
Sutura coronaria, Wachsthumszone am Scheitelbeine und Stirnbeine	1,3 —1,4
Os parietale dicht vor der Lambdanaht und neben der *Sutura sagittalis*, Aussenfläche	1,6 —2,2
Os parietale Innenfläche, über der *Protuberantia occipitalis interna* in der Mittellinie	0,67—1,10
Os parietale an der Lambdanaht, Aussenfläche	0,67—0,82
Os parietale an der Schläfenfläche	0,27—0,40
Os frontis, 14 mm. vor der *Sutura coronaria* neben der *Sutura frontalis*, Aussenfläche	0,25—0,38
Os frontis am vorderen Theile des *Margo supraorbitalis* am *Margo* selbst und an der Schädelfläche	0,8 —1,1
Processus zygomaticus ossis temporum Mitte der Aussenfläche	1,6 —1,9
Wand der *Bulla ossea* an der Spitze	0,54—0,82
Aussenfläche des *Os zygomaticum* am *Margo infraorbitalis*	0,54

Unterkiefer am Winkel	. . . . .	4,5 —5,5 mm.
„	Alveolarrand an den Alveolen der Schneidezähne	. . 2,7 —2,9
„	Aussenfläche in der Gegend des 4. Backzahnes	. . 0,4
„	Mediale Fläche in der Gegend des 3. Backzahnes	. 0,13
„	Unterer Rand in der Mitte	. . . . . 0,27—0,54
„	Spitze des *Proc. coronoideus*	 3,0

An diese Zahlen und meine sonstigen Wahrnehmungen knüpfe ich nun folgende Bemerkungen.

Vergleicht man die verschiedenen periostalen Wachsthumsflächen am Schädel unter einander, so ergeben sich

A. Als Stellen mit intensivem periostalen Wachsthume:

a) Die Aussenfläche des *Os parietale* an der *Sutura sagittalis* bis zur Begrenzungslinie des Schläfenmuskels.

b) Der obere Rand der *Squama ossis occipitis.*

c) Der *Margo supraorbitalis.*

d) Die laterale Fläche des *Processus zygomaticus ossis temporum.*

e) Die *Protuberantia occipitalis interna.*

f) Die Nähte.

g) Die Spitze des *Processus pucamastoideus.*

h) Der *Angulus maxillae inferioris,* der hintere Rand des aufsteigenden Astes, sowie der *Processus coronoideus.*

i) Das vordere Ende des Unterkiefers.

k) Die vorderen Enden und Ränder des *Vomer*, *Maxillare superius* und *Intermaxillare.*

l) Das hintere Ende des Oberkiefers.

m) Die hintere laterale Ecke des Gaumenbeins.

n) Die Spitzen der *Proc. pterygoidei.*

o) Der *Margo infraorbitalis* am *Zygomaticum.*

p) Die *Crista sphenoidalis* vorn.

q) Die Wand der *Bulla ossea.*

r) Das knöcherne Labyrinth selbst. Hier bemerke ich noch, dass die Gehörknöchelchen keine Spur von Roth an sich trugen, weder äusserlich noch im Innern.

B. Eine mittlere Wachsthumsgrösse haben:

a) Die Schläfenfläche des Scheitelbeines und des Schläfenbeines.

b) Die Augenhöhle in der Mitte.

c) Die Seite von Oeffnungen und Kanälen, an der Apposition sich findet.

d) Die Aussenfläche des *Os nasale*, *maxillare superius*, *lacrymale*, *zygomaticum* und *intermaxillare.*

e) Die laterale Fläche der *Maxilla inferior.*

f) Die *Pars petrosa* des Felsenbeins mit Ausnahme des knöchernen Labyrinthes.

C. Die geringste Intensität endlich des periostalen Wachsthumes zeigen:

a) Die hintere Fläche der *Squama ossis occipitis* an den Stellen, die nicht indifferente oder Resorptionsflächen sind, d. h. ringsherum am Rande oder nahe am Rande.

b) Die untere Fläche der *Pars basilaris ossis occipitis* und des hinteren Keilbeinkörpers an gewissen Stellen.

c) Die obere Fläche der *Pars basilaris ossis occipitis.*

d) Die Schädelhöhle an vielen Stellen.

e) Die Nasenhöhlen an vielen Stellen.

f) Die mediale Seite des Unterkiefers.

Berücksichtigt man nun noch die Stellen, die wir früher als indifferente bezeichneten, die besonders an den unter B und C aufgezählten Gegenden vorkommen, sowie die oben verzeichneten Resorptionsflächen, so lässt sich wohl ein ziemlich anschauliches Bild des Wachsthumes der Schädelknochen des Schweines entwerfen, insofern wenigstens bei demselben periostale Anbildungen und äussere Resorptionen betheiligt sind. Ohne Kenntniss der in Knorpeln geschehenden Ossificationen des Schädels (*Os sphenoideum*, *Os occipitis*, *ethmoideum* etc.) wird übrigens dieses Bild nie ein ganz vollkommenes sein und habe ich daher an dem Schädel des Schweines No. I auch die wichtigsten dieser Stellen auf die Grösse des Knochenwachsthums untersucht, wobei ich folgende Resultate erhielt:

Tabelle V.

Dicke der aus Knorpel entstandenen Knochenlage in mm. von dem Schweine No. I.

Vordere Endfläche der *Pars basilaris ossis occipitis*	0,54—0,68 mm.
Hintere Endfläche des hinteren Keilbeinkörpers	0,54—0,83
Knorpel der *Synchondrosis sphenobasilaris*	0,13—0,40
Zellenreihen an beiden Seiten	0,05—0,10
Vordere Endfläche des hinteren Keilbeinkörpers	0,05—0,081
Hintere Endfläche des vorderen „	0,13
Knorpel der *Synchondrosis intersphenoidalis*	0,27—1,66
Crista sphenoidalis des vorderen Keilbeinkörpers	2,6 —4,0
Synchondrose zwischen der *Pars condyloidea* und der *Squama ossis occipitis*,	
Ossificationsrand der *Pars condyloidea*	0,28—0,66
„ „ *Squama*	0,28—0,82
Synchondrose zwischen der *Pars condyloidea* und der *Pars basilaris ossis occipitis*,	
Ossificationsrand der *Pars condyloidea*	0,08—0,13
„ „ „ *basilaris*	0,13—0,27
Ossificationsrand am Gelenkkopf des *Os occipitis*	0,80—1,38
Kopf des Unterkiefers	5,11.

Zieht man nun aus allen diesen Erfahrungen das Facit, so ergibt sich im Grossen und Ganzen, dass der Schädel vor Allem an seiner Aussenfläche und an seinen Nähten neue Knochenmassen ablagert, während die Höhlen (Schädelhöhle, Nasenhöhle und Nebenhöhlen) theils durch Resorption sich vergrössern, theils indifferent sich verhalten. Im Einzelnen ist dieser Satz nun freilich mannigfach zu beschränken.

Die Aussenfläche des Schädels anlangend, so zeigt dieselbe nicht nur Stellen intensivsten Wachsthums, sondern auch indifferente Stellen und Resorptionsflächen (Taf. VI. Fig. 70).

Eine gut entwickelte Appositionsfläche ist die obere Fläche des Schädels von der Lambdanaht bis zur Spitze des Nasenbeins und finden sich hier zum Theil Stellen sehr intensiven Wachsthumes, wie vor allem am Scheitelbeine, am oberen Rande der Schuppe des Hinterhauptbeines und am oberen Rande der Augenhöhle, während am eigentlichen Schädel überhaupt der Ansatz stärker ist als an den Nasenbeinen.

Die Seitenflächen des Schädels bieten ebenfalls grösstentheils Appositionsflächen dar, doch sind hier die Anlagerungen im Allgemeinen weniger dick als am Schädeldache. Am dünnsten sind dieselben in der Augenhöhle, die einem guten Theile nach sogar Resorptionsfläche und indifferent ist, dann folgt der Oberkiefer, der vor dem *Proc. zygomaticus* auch eine Resorptionsfläche hat, der Zwischenkiefer, die Schläfengegend, der *Proc. pterygoideus* an seiner vorderen und hinteren Fläche,

der *Processus ethmoidalis* des Keilbeines an der Seitenfläche und die seitliche Hinterhauptsgegend, endlich die *Bulla ossea*, das Jochbein, das *Tuber maxillae* und der *Processus zygomaticus* des Schläfenbeines, an dem die periostale Anlagerung am dicksten ist.

Die untere Fläche des Schädels anlangend, so bieten bessere Appositionsflächen nur der *Processus paramastoideus* des *Os occipitis*, die *Bulla ossea*, die Gelenkfläche für den Unterkiefer am Schläfenbeine, die Spitzen der Flügelfortsätze des Keilbeins und des *Processus pyramidalis* des Gaumenbeines, dann der Alveolarrand des Kiefers und Zwischenkiefers. Auf der anderen Seite sind die Anlagerungen schwach am Gaumen und an der unteren Fläche des Hinterhauptbeines und Keilbeines und finden sich an letzteren Orten selbst indifferente Stellen und Resorptionsflächen, welche ausserdem entwickelt vorkommen an den medialen und hinteren Flächen der *Proc. paramastoidei*, *pterygoidei* und *pyramidales*, sowie am *Os pterygoideum* und der *Bulla ossea*.

Die Occipitalfläche des Schädels ist theils von sehr dünnen Auflagerungen bedeckt, theils indifferent oder Resorptionszone.

Die Höhlen des Schädels bieten in so vorwiegendem Maasse theils Resorptionszonen, theils indifferente Stellen dar, dass die Anlagerungsstellen auf den ersten Blick ganz verschwinden. Und doch sind dieselben an vielen Stellen vorhanden, jedoch allerdings nur an wenigen Stellen ausgebreitet und entwickelt. Als solche mache ich namhaft die *Protuberantia occipitalis interna*, die Nähte, die *Sella turcica*, die Pyramide des Felsenbeins. Ausserdem finden sich dieselben besonders an den Gelenktheilen des *Os occipitis*, am oberen Rande der *Incisura ethmoidalis* des Stirnbeins, am Boden und den Seitenwänden der Nasenhöhle an vielen Stellen, dann am Siebbeine, dem Vomer und der *Concha inferior*.

Die Schädelnähte und Synchondrosen zeigen nach meinen bisherigen Erfahrungen auch bedeutende Unterschiede der Wachsthumsintensität und folgen so auf einander: *Sutura lambdoidea*, *Synchondrosis spheno-basilaris*, *Sut. sagittalis*, *frontalis*, Synchondrosen des *Os occipitis*, *Sut. spheno-frontalis*, *squamosa*, *Synchondrosis intersphenoidalis*, *Sutura coronaria*.

Am Unterkiefer ist fast die ganze Oberfläche Appositionsfläche mit Ausnahme der 3 typischen Resorptionsstellen und einiger indifferenter Flächen an der medialen Seite unterhalb der Backzähne. Das stärkste Wachsthum ist vorn an den Schneidezahnalveolen, am Winkel, am Köpfchen und am *Proc. coronoideus*, ferner ist dasselbe an der Aussenfläche bedeutender, als an der medialen Seite.

Rumpf- und Extremitätenknochen.

Dieser Theil des Skelettes zeigt beim Schweine so viele Uebereinstimmungen mit dem Kalbe, dass es mir überflüssig erscheint, dieselben einer detaillirten Beschreibung zu unterwerfen. Ich begnüge mich daher mit der Hervorhebung folgender Punkte.

1. Vergleicht man die entsprechenden Knochen des Schweines No. I und II, von denen das erstere 11 Tage und das zweite 23 Tage lang nach der Darreichung des Crapp gewöhnliches Futter erhielt, so ergibt sich, dass bei No. II die weissen periostalen Ablagerungsschichten nicht nur dicker, sondern auch ausgebreiteter sind, d. h. weiter gegen die Ossificationsränder sich erstrecken und zwar kommt dies nicht einzig und allein auf Rechnung der indifferenten Stellen, sondern betrifft auch in einem gewissen Grade die Resorptionszonen, welche beide bei dem Schweine No. II minder ausgebreitet sind. Weitere Schlüsse aus dieser Thatsache abzuleiten, scheint mir jedoch nicht rathsam, da die gefundenen Unterschiede möglicher Weise in den Bereich individueller Schwankungen gehören, in welcher Vermuthung mich auch das bestärkt, dass die Knochen an No. II wohl erheblich dicker, aber nicht länger sind als die von No. I.

2. Alle Beachtung verdient die grosse Verbreitung indifferenter Stellen an gewissen Rumpfknochen des Schweines, welche Stellen um so eher hervorgehoben zu werden verdienen, als wir ausser im Crapp bis anhin kein anderes Mittel haben, um dieselben zu erkennen. Ausser den indifferenten

Stellen, die in der Nähe aller Resorptionsflächen sich finden (Taf. VI. Fig. 73, 74), mache ich noch folgende namhaft:

a) An der Aussenfläche der Rippen, welche in grosser Ausdehnung, vor allem an dem am stärksten gekrümmten Theile, theils nur sehr dünne periostale Anlagerungen, theils wirklich indifferente Stellen zeigt, während an der entgegengesetzten concaven Seite sehr starke Appositionsschichten sich finden. Es ist klar, dass, wenn die geschilderten Verhältnisse längere Zeit andauern sollten, die Rippen auch ohne Resorptionen minder gekrümmt, aber freilich auch erheblich dicker werden müssten.

b) An den Seiten der Dornfortsätze der Brustwirbel, woselbst neben der vorderen Kante mehr weniger ausgebreitete indifferente Stellen vorkommen, während der entgegengesetzte Rand starke Auflagerungen zeigt.

c) Die obere Seite der Metatarsus- und Metacarpusknochen, besonders in der Nähe des vorderen Endes, woselbst freilich auch einzelne kleine Resorptionsstellen sich finden.

d) Die ersten Phalangen in der Nähe des hinteren Endes, vor allem an der unteren Seite, wo übrigens kleine Resorptionsstellen auch nicht fehlen.

e) Die Scapula in allen 3 Gruben und am oberen Rande.

f) Das Sitzbein an der medialen Seite.

3. Von Resorptionsstellen, die beim Kalbe nicht besprochen werden konnten, da der betreffende Knochen fehlt, mache ich die der Fibula namhaft. Dieselben finden sich an dem oberen und unteren Ende an der lateralen von der Tibia abgewendeten Seite. Die obere Resorptionsstelle misst 11 mm. in der Länge, die untere 27 mm.

4. Einige Knochen des Schweines haben die Resorptionsstellen ausgebreiteter als das Kalb oder zeigen solche an Stellen, wo sie beim Kalbe fehlen.

In die erste Kategorie gehören die Rflächen am Gelenktheile der Schulterblätter, am Becken, an den Metatarsus- und Metacarpusknochen, in die letztere Rflächen an der Symphyse an beiden Seiten, an der *Spina scapulae* und vorn an den *Massae laterales atlantis*.

Skelett des Hundes.

Beim Hunde habe ich 4 Fütterungsversuche mit Crapp angestellt, von denen namentlich der 2., 3. und 4. gute Ergebnisse lieferten.

Der Hund No. II wurde 29 Tage mit Crapp gefüttert, dann 14 Tage auf gewöhnliches Futter gesetzt und getödtet. Der Hund No. III erhielt nur Crapp während 3 Wochen und der Hund No. IV während 17 Tagen, worauf dann beide sofort umgebracht wurden. Somit mussten die Appositionsflächen bei II farblos und bei III und IV roth sein, was auch die mikroskopische Untersuchung bestätigte mit der Einschränkung jedoch, dass viele Flächen, die keine Appositionsflächen waren, als indifferente sich ergaben.

Die Untersuchung der Knochen des Hundes im Einzelnen ergab solche Uebereinstimmungen mit dem Schweine und dem Kalbe, dass es genügt, einige besonders auffallende Verhältnisse hervorzuheben.

I. Von Resorptionsflächen, die bei den zwei andern Thieren in dieser Weise nicht vorkommen, nenne ich folgende:

a) Der Oberkiefer hat an seiner Gesichtsfläche eine erste grosse Resorptionszone, die das *Foramen infraorbitale* bogenförmig umgibt und vom Eckzahne bis zum ersten grossen Backzahne und gegen die Verbindungsstelle mit dem Jochbeine reicht. Eine zweite solche Fläche sitzt am Stirnfortsatze etwas über dem Thränenbeine (Taf. VII. Figg. 82, 83). Auffallend sind ferner Rflächen an der unteren Fläche des Gaumenfortsatzes. Dieselben finden sich lateralwärts längs der Alveolen da, wo der Gaumen etwas abwärts sich

wölbt, dann vorn gegen das *Foramen incisivum* zu und an der medialen Seite der Ränder der Alveolen der letzten zwei Backzähne.

b) Am Zwischenkiefer ist die untere Gaumenfläche ebenfalls fast ganz Rfläche, wogegen die Gesichtsfläche reine Appositionsfläche ist.

c) Am Hinterhaupt trägt die Schuppe auch an der Aussenfläche Rflächen und zwar dicht über der Vereinigungsstelle mit der *Pars condyloidea*.

d) Am *Os zygomaticum* ist fast die ganze Aussenseite der Gesichtsfläche, die mit dem Oberkiefer und Thränenbeine zusammenstösst, Rfläche. Andere solche finden sich wie überall an der Augenhöhlenseite.

e) Der Unterkiefer (Taf. VI. Figg. 71, 72) zeigt ausser den typischen Rflächen an den beiden hinteren Fortsätzen auch kleine solche Flächen an beiden Seiten des horizontalen Astes und zwar an der medialen Seite 3 mm. unter dem ersten Backzahne, dann über und hinter der Symphyse beider Kieferhälften. An der lateralen Seite finde ich Rflächen unterhalb des Eckzahnes dicht vor dem *Foramen mentale* und unterhalb des Randes der Alveole des 3. Backzahnes.

f) Schädel- und Nasenhöhle haben die ausgedehntesten Resorptionszonen. Grössere Appositionsflächen zeigen hier:

1) Die obere Fläche des Körpers des vorderen Keilbeines sammt der *Ala parva*.
2) Die obere Fläche des hinteren Keilbeinkörpers medianwärts vom *Foramen rotundum* und der *Fissura orbitalis superior*.
3) Die Innenfläche der Schuppe des Schläfenbeins.
4) Die laterale Fläche der oberen Kante der Pyramide des Felsenbeines.
5) Die Schädelfläche des Augenhöhlentheiles des Stirnbeines.
6) Die Nahtgegenden und viele vereinzelte Stellen der Juga und Impressiones.
7) An den Nasenhöhlen und ihren Nebenhöhlen sind die Rflächen eher noch ausgebreiteter als an der Schädelhöhle und erscheinen als Appositionsflächen nur die Gegenden, die dem Grunde der Alveolen entsprechen, der untere Rand des äusseren Nasenloches, die an das Siebbein grenzende Wand des Stirnbeines und vereinzelte Stellen an den Höhlen, dem Siebbeine, *Vomer* und der *Concha inferior*.

g) Die Augenhöhle hat eine grosse Rfläche an der vorderen Hälfte der medialen Wand im Bereiche der Stirnbeine, dann am hinteren Theile derselben Wand nach unten zu eine kleine Fläche, wogegen die ganze übrige hintere Hälfte der genannten Wand Appositionsfläche ist.

h) Die Extremitätenknochen und Wirbel zeigen allerwärts sehr ausgeprägte Resorptionsflächen, die zum Theil je nach der Form der Knochen grösser sind als beim Schweine und Kalbe.

II. Sehr eigenthümlich sind die beim Hunde vorkommenden indifferenten Flächen und versinnlichen die Figg. 82 u. 83 auf Taf. VII. die auffallendsten derselben. Die grösste solche Fläche liegt in der Temporalgegend des Schädels und nimmt fast den ganzen vom Temporalmuskel bedeckten Theil des Scheitelbeines, Stirnbeines und des grossen Flügels des Keilbeines so wie den oberen und vorderen Rand der Schuppe des Schläfenbeines ein. An den erstgenannten Stellen ist übrigens nicht Alles indifferente Fläche, vielmehr kommen auch einzelne Wachsthumsflächen mitten unter den andern vor, wie an der Kranznaht ein schmaler Saum, dann an der vorderen Hälfte des lateralen Theiles des Scheitelbeines und ausserdem noch an einigen anderen kleineren Stellen.

Fernere indifferente Flächen liegen an folgenden Knochen:

a) Am Oberkiefer über dem 3. Backzahne an der Aussenfläche des Knochens (Figg. 82, 83 auf Taf. VII.).

b) An der Oberfläche der Gaumenbeine.
c) An der Aussenfläche der Nasenbeine.
d) Am Unterkiefer an der Aussenfläche in der Mitte des horizontalen Astes mehrere grössere Flächen (Fig. 71 Taf. VI.), ebenso an der Innenfläche an derselben Stelle, aber näher dem unteren Rande (Fig. 72 Taf. VI.) und hinter den Schneidezähnen.
e) An den Hals- und Brustwirbeln an den Aussenflächen der Bogen untermengt mit Resorptionszonen.

Skelette anderer Säugethiere.

Ausser dem Kalbe, Schweine und Hunde habe ich auch die Skelette eines jungen Hirsches (Spiesser) und einer Gemskitze durchmustert und die Verhältnisse denen der erstgenannten Thiere so ähnlich gefunden, dass eine detaillirte Untersuchung derselben überflüssig erschien. Mehr Interesse gewährte der Schädel eines jungen Elephanten, indem hier die äussere Resorption in einem grossartigen Maassstabe sich verwirklicht fand und auch an Stellen auftrat, an denen sie sonst nicht gefunden wird. Eine specielle Beschreibung scheint mir jedoch auch hier nicht am Platze und begnüge ich mich, folgende Punkte hervorzuheben.

An der Aussenfläche des Schädels mache ich folgende Resorptionsflächen namhaft.

1. An der Schuppe des Hinterhauptsbeines zwei grosse länglichrunde Flächen neben der *Crista occipitalis externa*, in denen wahrscheinlich das *Ligamentum nuchae* festsass.
2. Die vordere Wand der Schläfengrube im Bereiche des Scheitelbeins und des Stirnbeins dicht unter der *Linea semicircularis*.
3. Die Augenhöhle an der oberen Wand.
4. Der *Processus pterygoideus* an der medialen Seite.
5. Der *Processus zygomaticus* des Schläfenbeins an der medialen Seite.
6. Das *Os zygomaticum* am unteren Rande in einer 5—6 mm. breiten Zone, die auch auf die Aussenfläche übergeht.
7. Die untere oder Gesichtsfläche des *Proc. zygomaticus* des Oberkiefers, dicht unterhalb des *Margo infraorbitalis*.
8. Die laterale Fläche des Alveolarfortsatzes des Oberkiefers unterhalb des *Foramen infraorbitale* bis in die Gegend der Spitze des *Proc. zygomaticus* des Oberkiefers.
9. Am Alveolarfortsatze des Zwischenkiefers eine grosse Fläche an der oberen und eine kleinere an der lateralen Seite.
10. Am Unterkiefer ausser den gewöhnlichen hier sehr ausgedehnten Flächen eine grosse Fläche an der gesammten concaven Seite des vorderen Endes, die bis in die Gegend der Mitte des zweiten Backzahnes reicht.

Von den Höhlen des Schädels zeigt die eigentliche Schädelhöhle ungemein ausgedehnte Rflächen an der Schuppe des Hinterhauptsbeines und Schläfenbeines sowie an den Stirn- und Scheitelbeinen. Ebenso die Nasenhöhle und ihre Nebenhöhlen; erstere am hinteren Theile des Bodens und an den Seitenwänden am *Palatinum* und an dem hintersten Theile des Oberkiefers, dann an der unteren Seite der Flügel des *Vomer* und am Seitenrande des äusseren Nasenloches.

Schöne Rflächen haben endlich auch die Alveolen und alle Löcher und Kanäle des Schädels.

Diese an dem Schädel eines jungen Individuum von *Elephas indicus*, der vom Occiput bis zum vorderen Ende des *Intermaxillare* 31,5 Cm. maass, gemachten Wahrnehmungen hatte ich Gelegenheit an einem grossen, aber immer noch nicht ganz ausgebildeten Schädel des *Elephas africanus* zu erhärten, der vom *Condylus occipitalis* bis zum vorderen Rande des *Os intermaxillare* 69 Cm. Länge besass. Als besonders erwähnenswerth hebe ich von diesem Schädel hervor die colossale Grösse der Resorptionsfläche neben der *Crista occipitalis externa*, die hier jederseits als eine tiefe Grube von 12,4 Cm. Länge,

3,4 Cm. Breite und 4,2 Cm. Tiefe erschien, deren Grund mit bienenwabenähnlichen Vorsprüngen und Vertiefungen besetzt war. Alle anderen oben beschriebenen äusseren Resorptionsflächen waren ebenfalls vorhanden, nur grösser, mit einziger Ausnahme der Fläche am Alveolarfortsatze des Oberkiefers, die hier nur an der vorderen Seite desselben vorhanden war und seitlich fehlte. Am Unterkiefer zeigte nicht nur der vordere Rand des *Processus coronoideus*, sondern die ganze Innenfläche desselben bis gegen das *Foramen alveolare* eine mächtige Rfläche und die Fläche am Köpfchen zog sich an der medialen Seite längs des hinteren Randes bis zum Winkel herab. Dagegen war die Rfläche vorn an der concaven Seite der Vereinigungsstelle beider Hälften erheblich kleiner. Hier fand sich jedoch eine andere, beim kleineren Schädel nicht vorhandene Rfläche an der lateralen Seite der Alveole des ersten (kleinen) Backzahnes.

Die Extremitäten dieses Skelettes wurden ebenfalls auf die Rflächen untersucht und diese im Wesentlichen gleich gefunden, wie bei den andern Säugern.

Geweihe der Cervina.

Dass die Geweihe der Cervina durch einen inneren Resorptionsvorgang ihr Abfallen einleiten, ist eine Wahrnehmung, die, wie wir in der historischen Einleitung sahen, J. Hunter schon am Ende des vorigen Jahrhunderts gemacht hat. Seit dieser Zeit ist jedoch diese Angelegenheit nur von Wenigen einlässlicher gewürdigt worden und ist, bei Licht betrachtet, eigentlich Lieberkühn der einzige, der sich derselben angenommen und in Müll. Arch. 1861 eine gute Beschreibung der in den Geweihen vor sich gehenden Veränderungen gegeben, der ich einzig und allein den Nachweis der in den Resorptionsgrübchen vorkommenden Ostoklasten beifügen kann.

Die einem periodischen Abfallen unterliegenden Geweihe der Wiederkäuer stehen auf einem soliden Zapfen des Stirnbeines, dem sogenannten Rosenstocke, der während der Entwicklung des Geweihes und selbst lange nachdem dieses seine volle Grösse erreicht hat, in nichts von dem untersten Ende des Geweihes sich unterscheidet und ohne Grenzlinie auf's innigste mit demselben verbunden ist. Erst zur Zeit des Abwerfens der Geweihe entwickelt sich in der Spitze des Rosenstockes ein Absorptionsvorgang, dessen erste Spuren mit dem Auftreten einer Demarcationslinie beginnen, welche unweit des verbreiterten unteren Endes des Geweihes selbst oder der Rose ihren Sitz hat.

Diese Demarcationslinie besteht, wie sich mit Hülfe des Mikroskopes an Längsschnitten sehr leicht erkennen lässt (Taf. VIII. Figg. 94, 95), aus einer regelmässigen Reihe zahlreicher und erweiterter Haversischer Kanäle, welche, ziemlich nahe an einander gelegen, alle annähernd in Einer Querebene liegen, welche jedoch nicht selten nach der einen oder der anderen Seite in der Mitte leicht gewölbt vorspringt. Die fernere Verfolgung dieser Erweiterungen lehrt, dass sie mit der später eintretenden Zerstörung der Knochenmasse an dieser Stelle in dem innigsten Zusammenhange stehen und will ich sie daher mit dem Namen Resorptionssinus der Geweihe bezeichnen. Indem dieselben nämlich immer mehr sich vergrössern, und zwar mehr in der Breite als in der Länge, fliessen sie schliesslich mehr und mehr untereinander zusammen, bis am Ende die Zwischensubstanz zwischen denselben auf eine geringe Zahl von Blättern und Pfeilern reducirt ist, welche dann unter dem Einflusse geringer mechanischer Einwirkungen auf das Geweih brechen, worauf letzteres abfällt. Die Bruchstelle entspricht ungefähr der Mitte des Resorptionssinus, auch zeigen das abgefallene Geweih und der Rosenstock in ihren Bruchflächen im Ganzen gleich beschaffene Erhabenheiten und Vertiefungen von fein bienenwabenähnlicher Beschaffenheit, nur viel unregelmässiger.

Was nun die Momente anlangt, die die Bildung dieser Sinus bewirken, so hat schon Lieberkühn gezeigt (l. c.), dass die Unebenheiten der Bruchflächen der Geweihe an ihren Oberflächen mit Howship'schen Grübchen besetzt sind. Diese Beobachtung ist leicht zu bestätigen und wenn man die Untersuchung auf die noch in ihrer Lage befindlichen Geweihe ausdehnt, so findet man, dass auch die oben beschriebenen Resorptionssinus mit solchen Grübchen besetzt sind. An frischen Präparaten ferner

findet man diese ganze Gegend des Knochens ungemein blutreich mit erweiterten Blutgefässen, und in den Howship'schen Grübchen dieselben grossen vielkernigen Zellen, die auch bei den Knochen in denselben vorkommen, die wir Ostoklasten genannt haben, Elemente, die noch leichter an den frischen Bruchflächen sowohl des Rosenstockes als des Geweihes wahrzunehmen sind.

Noch bemerke ich, dass auch die Beinhaut des Rosenstockes an dem Vorgange betheiligt ist, indem an der Innenfläche derselben in der Gegend der Demarcationslinie ebenfalls Ostoklasten sich entwickeln. Die hier auftretende Zerstörung von Knochengewebe bewirkt eine mehr weniger tiefe ringförmige Furche, welche dann später mit den oberflächlichen Resorptionsgrübchen zusammenfliesst und oft vor dem Abfallen des Geweihes zu einer tieferen Spalte sich gestaltet.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass das Abfallen des Geweihes des Rehes und der Hirsche in die grosse Klasse der typischen Resorptionen von Knochensubstanz gehört, obgleich das äussere Ansehen derselben ein eigenthümliches Gepräge trägt. Ja es ist selbst erlaubt noch weiter zu gehen und zu sagen, dass die hier statthabende Resorption eine Folge des Druckes der Gefässe ist, die an einer bestimmten Stelle des Geweihes gleichmässig sich erweitern und vergrössern, wobei allerdings der letzte Grund für diese Umbildung uns vorläufig verborgen bleibt.

Skelett des Menschen.

Ich muss es Anderen überlassen, das Skelett des Menschen ebenso Schritt für Schritt zu durchmustern, wie ich es beim Skelette des Kalbes und der mit Crapp gefütterten Thiere gethan, denn nachdem ich einmal an diesen Geschöpfen eine Einsicht in die Gesetze der äusseren Resorption gewonnen hatte, erschien es mir von keinem grösseren Belange, die Detailuntersuchung weiter auszudehnen, um so mehr als die Prüfung einer gewissen Zahl menschlicher Knochen mich davon überzeugt hatte, dass die Verhältnisse hier im Wesentlichen dieselben sind wie bei Thieren, mit dem einzigen Unterschiede, dass die Resorptionsflächen beim neugeborenen Kinde an manchen Knochen spärlicher sind, aus dem einfachen Grunde, weil hier die Auftreibungen, Wulste, Fortsätze u. s. w., an denen die Resorptionsflächen vor allem sich finden, lange nicht dieselbe Entwicklung zeigen, wie bei Thieren. Um auch Andere hiervon zu überzeugen, habe ich übrigens eine Reihe Knochen eines neugeborenen Kindes abbilden lassen, von denen ich hier noch eine kurze Besprechung gebe.

I. Rumpf- und Extremitätenknochen.

1. *Scapula* (Taf. V. Fig. 58).

Besitzt Rflächen:

a) In der *Fossa subscapularis* unweit des medialen Randes fast in der ganzen Ausdehnung derselben.

b) An der vorderen (unteren) Fläche des Acromion.

c) Am hinteren Rande der Gelenkgrube für den Humerus eine ganz kleine schmale Fläche.

2. *Clavicula* (Taf. V. Fig. 49).

Hat Rflächen:

a) An der hinteren Seite des Sternalendes mit Ausnahme des oberen Viertheiles.

b) An der unteren Seite des Acromialendes am concaven medialen Rande desselben und an der oberen Fläche in der Nähe dieses Randes.

3. *Humerus* (Taf. V. Figg. 59, 60).

a) Das obere Ende besitzt eine fast ringsherumgehende Rfläche, die nur in der Gegend der beiden Spinae unterbrochen ist und an der lateralen Seite bis zur Insertion des Deltamuskels herabreicht.

b) Am unteren Ende liegt einzig und allein über dem *Epicondylus medialis* eine Rfläche.

Am anderen Epicondylus findet sich eine grosse glatte Fläche, die ich für eine indifferente halte, da hier bei älteren Kindern ebenfalls eine Rfläche vorhanden ist.

4. *Ulna* (Taf. V. Figg. 67, 68).

a) Am oberen Ende befindet sich eine Resorptionsfläche an der unteren Seite des *Processus coronoideus.*

b) Das untere Ende hat solche Flächen einmal vorn und gegen den Radius zu, welche Fläche bis nahe an das untere Ende der hinteren Kante sich erstreckt, ferner an der medialen Seite vor der hinteren Kante.

5. *Radius* (Taf. V. Figg. 65, 66).

Dieser Knochen zeigt nur am unteren Ende der Diaphyse eine Resorptionsfläche, die nahezu um den ganzen Knochen herumgeht und nur an der Streckseite in der Gegend, wo später der Griffelfortsatz seine Lage hat, in einer Ausdehnung von 3—4 mm. unterbrochen ist.

6. *Hüftbein* (Taf. VI. Fig. 76).

Von allen Stücken dieses Knochens zeigt beim Neugeborenen nur das Darmbein Resorptionsflächen und zwar:

a) An der Beckenfläche des Pfannentheiles gerade da, wo die 3 Stücke des Hüftbeines zusammenstossen.

b) In der Darmbeingrube längs der Crista von der *Spina anterior superior* an 23 mm. weit rückwärts.

c) Ueber dem hinteren Theile der *Superficies auricularis.*

7. *Femur* (Taf. V. Fig. 47, 48).

a) Das obere Ende besitzt eine grosse Rfläche unterhalb des Kopfes an der medialen Fläche, die sich unterhalb des *Trochanter minor* an die hintere Fläche erstreckt und bis an das *Labium externum* der *Linea aspera*, d. h. den Ursprung derselben vom *Trochanter major* reicht. Eine ganz kleine Rfläche sitzt ganz oben am Diaphysenende in der Gegend des *Trochanter major.*

b) Das untere Ende hat zwei grosse Resorptionsflächen über den Condylen, die vorn um 12 mm. von einander abstehen und hinten bis auf 5,5 mm. genähert sind.

8. *Tibia* (Taf. V. Figg. 50, 51).

a) Oben finden sich unterhalb der Condylen an beiden Seiten Rflächen, von denen die mediale erheblich grösser ist. Diese Flächen stehen hinten nur um 2 mm. von einander ab, wogegen vorn die Tuberositas eine Unterbrechung von reichlich 7,5 mm. bildet.

b) Am unteren Ende ist eine ringsherumgehende Fläche, die nur vorn und lateralwärts eine kleine Unterbrechung erleidet. An der hinteren lateralen Seite ist diese Fläche am entwickeltesten und misst hier in der Länge 15 mm. in maximo.

9. *Fibula* (Taf. V. Figg. 63, 64).

a) Oben trägt die vordere und mediale Fläche eine gut entwickelte Resorptionszone, während die hintere Fläche Appositionsfläche ist.

b) Unten ist die mediale und hintere Fläche Rfläche, die vordere dagegen frei.

10. *Rippen* (Taf. V. Fig. 62).

Besitzen eine grosse Resorptionsfläche an der der Brusthöhle zugewendeten Fläche des vorderen Endes und eine kleinere solche Fläche an der concaven Seite des Halses und des Köpfchens, welche etwas auf die obere und untere Fläche übergreift.

II. Kopfknochen.

An diesen Knochen sind beim neugeborenen Kinde an gewissen Stellen die Resorptionsflächen viel weniger ausgebildet als bei Thieren und mache ich namentlich die Schädelhöhle und Nasenhöhle so wie manche Fortsätze als hierher gehörig namhaft. Man würde jedoch sehr irren, wenn man aus der angegebenen Thatsache den Schluss ableiten wollte, dass am Schädel des Menschen die äussere Resorption eine geringe Rolle spielt, indem eine Vergleichung älterer Kinder mit Neugeborenen ergibt, dass später, sobald die Fortsätze mehr sich entwickeln und das Nahtwachsthum schwächer wird oder ganz aufhört, so ziemlich dieselben Verhältnisse sich einstellen, wie bei Thieren.

Von den einzelnen Schädelknochen mache ich folgende namhaft:

1. *Unterkiefer* (Tab. V. Fig. 42).

Besitzt die typischen Rflächen am vorderen Rande des *Proc. coronoideus* und zu beiden Seiten des Halses und vor dem Köpfchen; ausserdem finde ich noch eine kleine Rfl. an der hinteren Seite des vordersten Endes dicht neben der Synchondrose beider Hälften.

2. *Oberkiefer.*

Die obere Seite der *Pars palatina* und die Nasenhöhlenfläche des *Proc. frontalis* haben kleine Resorptionsflächen, ausserdem finden sich solche noch an den Wänden des *Antrum Highmori* und der Alveolen.

3. *Jochbein.*

Besitzt eine grosse bemerkenswerthe Rfläche an der Gesichtsfläche des Stirnfortsatzes über dem *Foramen zygomaticum faciale* und an der medialen Fläche des *Processus temporalis.*

4. *Hinterhauptsbein.*

Besitzt folgende Rflächen:

a) An der *Pars basilaris* an beiden Enden des Randes, der den vorderen Theil des *Foramen magnum* bildet, welche Rfläche auch auf die Schädelhöhlenfläche übergeht.

b) An den *Partes condyloideae* an der Schädelhöhlenseite in der Nähe der Verbindungsstellen mit der Schuppe und dem Schläfenbeine.

c) An der Schuppe endlich finden sich zahlreiche Rflächen an der Schädelhöhlenseite und zwar einmal eine Zone in nächster Nähe der Ränder, welche am unteren Rande gegen die Gelenktheile und die *Pars mastoidea* des Schläfenbeines zu entwickelter ist als in der Nähe der Lambdanaht, und zweitens zahlreiche Stellen in den *Fossae occipitales superiores,* welche besonders die Impressionen einnehmen.

5. *Felsenbein.*

Eine Prüfung der Oberfläche dieses Knochens hat folgende Rflächen ergeben:

a) An der Schädelhöhlenfläche der Schuppe und zwar einmal längs des Randes, der mit dem Scheitelbeine sich vereint, und zweitens an einigen Stellen der Mitte desselben mehr nach hinten zu.

b) An der Schädelhöhlenfläche der *Pars mastoidea* zahlreich, aber klein.

c) An der medialen Seite des *Processus zygomaticus.*

d) In der *Cavitas glenoidea,* welche ganz und gar Rfläche ist.

e) Am concaven Rande und der medialen Fläche des *Annulus tympanicus.*

6. *Keilbein.*

Hier fand ich folgende Resorptionsflächen:

a) An der vorderen Seite der Sattellehne.

b) Am vorderen Abhange des Sattels, d. h. hinter den *Processus clinoidei anteriores.*

c) Am Seitentheile des Körpers da, wo die Carotis ihre letzte Biegung macht.

d) An der lateralen Wand der *Foramina optica, rotunda* und *elliptica.*

e) An der Schädelhöhlenfläche des grossen Flügels an 2 Stellen (Taf. V. Fig. 57).

7. *Stirnbein.*

Hier fand ich an der Augenhöhlenfläche der *Pars orbitalis* nur 2 Rflächen und zwar eine laterale in der Nähe der Verbindung mit der *Ala magna* und eine mediale an der Verbindungsstelle mit dem *Os unguis.*

8. *Scheitelbein.*

Die Schädelfläche hat viele Rflächen in den Impressionen, dann in den *Sulci meningei.*

Vögel.

Aus dieser Abtheilung habe ich das Skelett des Huhnes und der Gans untersucht und bei denselben an den Extremitäten und dem Rumpfe die Resorptionsflächen sehr schön ausgeprägt gefunden, ebenso schön, wie bei Säugethieren. Auch am Schädel fehlten dieselben nicht und habe ich sie wenigstens am Unterkiefer (vor und unterhalb der Gelenkfläche, besonders medianwärts) und an den Wänden der Schädelhöhle nachgewiesen. Eine ausführliche Untersuchung dieser Flächen habe ich noch nicht vorgenommen und beschränke ich mich auf die Mittheilung dreier Abbildungen, des Femur, der Tibia und des *Os coracoideum* eines jungen Huhnes (Tab. VI. Figg. 78, 79, 80, 81), an denen die genannten Flächen roth colorirt sind.

Reptilien.

Ein junger Alligator des vergleichend-anatomischen Museums, dessen Schädel vom Zwischenkiefer bis zum *Condylus occipitalis* 22,5 Cm. misst, zeigt an allen grossen Röhrenknochen, ferner an den Mittelfuss- und Mittelhandknochen gut entwickelte Resorptionsflächen. Die übrigen Knochen habe ich nicht untersucht, da ich das Skelett intact erhalten wollte und vermag ich nur das beizubringen, dass ich auch am Schädel eine Resorptionsfläche am *Pterygoideum* auffand, doch scheinen solche Flächen hier, wenn ich einer Durchmusterung der äusseren Oberfläche mit der Loupe trauen darf, selten zu sein.

Ausserdem habe ich noch bei einer jungen Schildkröte (Testudo graeca) von 10 Cm. Schildlänge wenigstens das Vorkommen von einigen Resorptionsflächen an den Körpern der mittleren Wirbel und an den Rippenköpfchen constatirt, vermochte dagegen am Schilde, an den Extremitäten und am Schädel keine solchen zu finden. Bei einer zweiten Schildkröte war eine ziemlich grosse Fläche des Rückenschildes an seiner Aussenseite eigenthümlich pathologisch erodirt und hier zeigte dann das Mikroskop prachtvolle Howship'sche Lacunen.

Amphibien und Fische.

Bei diesen Thierklassen habe ich mich bis anhin vergeblich bemüht, äussere Resorptionsflächen zu finden und ist alles, was ich jetzt mittheilen kann, das, dass wenigstens bei Amia im Innern der Knochen Ostoklasten und Howship'sche Grübchen sich finden.

ANHANG.

1. Die typischen Resorptionen an den Milchzähnen.

Es ist nicht meine Absicht, hier eine detaillirte Beschreibung des Vorganges der Absorption der Milchzähne zu geben, um so mehr, als die Literatur über diesen Gegenstand die vortrefflichen Arbeiten von Tomes, Kehrer, Gutheim und Wedl besitzt. Vielmehr wird es einzig und allein meine Aufgabe sein, nachzuweisen, dass die längstbekannten Howship'schen Grübchen der in Resorption

begriffenen Milchzahnwurzeln auch hier Ostoklasten enthalten. Diesen Nachweis habe ich vor allem durch die Untersuchung der Milchzähne des Schweines, dann auch derer des Menschen und der Katze gegeben und zeigen die Figg. 6 und 7 auf Taf. I das zierliche Bild, das die an dieser Stelle dicht gedrängter Ostoklasten gewähren. Es handelt sich nun freilich in diesen Abbildungen um Gruben, die an Elfenbein ansitzen, allein auch beim Cemente ist die Erscheinung ganz dieselbe.

Was die Lage betrifft, welche die Ostoklasten trägt, die man als Carunkel oder Absorptionsorgan bezeichnet hat, so betrachte ich dieselbe als eine aus dem Zahnsäckchen des bleibenden Zahnes hervorgehende Bildung, die an den Zähnen grösserer Thiere durch ihren Gefässreichthum und ihre deutliche Abgrenzung ein auffallendes Gepräge trägt. Bei kleinen Säugern scheint dieselbe jedoch nicht so auffallend gebildet zu sein und gebe ich in Fig. 1 auf Taf. VII. eine Ansicht der Ostoklastenlage von einem Milchzahne einer Katze, aus der zu ersehen, dass das Bindegewebe des Zahnsäckchens in dieser Gegend keine besondere Entwicklung darbietet.

Die Entstehung der Ostoklasten, die die Milchzähne zerstören, ist noch nicht untersucht. Da hier an Osteoblasten nicht zu denken ist, so wird nichts Anderes übrigbleiben, als die Annahme, dass sie aus den zelligen Elementen des Bindegewebes der Zahnsäckchen der bleibenden Zähne ihren Ursprung nehmen. In manchen Fällen mögen auch die Ostoklasten, die die Alveolen der bleibenden Zähne erweitern und gegen den Milchzahn zu eröffnen, sofort, nachdem dies geschehen, ihre Einwirkung auf die Milchzähne richten.

2. Die Knochenresorption in pathologischen Fällen.

Nachdem einmal die normalen Verhältnisse der Knochenresorption festgestellt und nachgewiesen war, dass überall, wo Howship'sche Grübchen sich finden, auch eine Resorption von Knochengewebe vorkömmt, konnte es keinem Zweifel unterliegen, dass auch in pathologischen Fällen der Knochenschwund häufig in derselben Weise zu Stande kommt, da schon seit langer Zeit eine Reihe von Autoren, wie Tomes und de Morgan, Lovén, Virchow, Lieberkühn, Rindfleisch u. A., in solchen Fällen die charakteristischen Erosionsgrübchen gefunden und in einzelnen Fällen auch Riesenzellen in denselben wahrgenommen hatten, wie dies in der Einleitung zur Genüge auseinandergesetzt worden ist. In neuester Zeit haben nun übrigens Wegener und Bassini (ll. cc.), denen vor Kurzem auch noch König in Rostock sich beigesellt hat[1]), für solche Fälle dieselben Nachweise geliefert, wie ich für die normalen Verhältnisse und verweise ich einfach auf die Arbeiten dieser Autoren.

C. Bedeutung der äusseren Resorption für die typische Gestaltung der Knochen.

In der historischen Einleitung wurde schon mitgetheilt, dass bereits J. Hunter, der Entdecker des Vorkommens einer äusseren Resorption, die grosse Bedeutung derselben für die Gestaltung der Knochen in ganz richtiger Weise erkannt und an gewissen Knochen im Einzelnen dargelegt hat. Und in der That genügt die einfache Vergleichung zweier Knochen aus verschiedenen Altern, um die grosse Wichtigkeit der Vorgänge darzuthun, die wir in dieser Abhandlung ausführlich geschildert

[1]) Beiträge zur Pathologie der Knochen und Gelenke. 1. Der Vorgang der rareficirenden Ostitis unter der Einwirkung der Riesenzellen in Deutscher Zeitschrift für Chirurgie Bd. II. p. 502—512 mit 2 Tafeln.

haben. Es wird nun, nachdem einmal das typische und gesetzmässige Vorkommen äusserer Resorptionsflächen nachgewiesen ist, die weitere Aufgabe sein, alle einzelnen Knochen durch die verschiedenen Alter zu verfolgen und aus der Gesammtsumme der Erfahrungen über ihr periostales und endochondrales Wachsthum und über die an denselben vorkommenden äusseren und inneren Resorptionen ihre Wachsthumsgesetze abzuleiten. Dies auch nur bei Einem Geschöpfe sorgfältig durchzuführen, geschweige denn bei mehreren oder vielen, übersteigt jedoch wohl sicherlich die Leistungsfähigkeit der meisten Forscher und beschränke ich mich an diesem Orte auf die Darlegung einiger weniger aber schlagender Thatsachen. Vorher will ich jedoch mit einigen Worten auch des interstitiellen Knochenwachsthumes gedenken, das, wie in der Einleitung gezeigt worden ist, nach den Annahmen einiger Forscher bei der Entwicklung der Knochen eine grosse Rolle spielen soll.

Mit dem Namen interstitielles Knochenwachsthum kann man verschiedene im Innern der Knochen theils wirklich, theils möglicher Weise vorkommende Vorgänge bezeichnen und wird es vor Allem gut sein, diese Vorgänge genau auseinander zu halten.

Ich unterscheide 1) die im Innern der Knochen geschehenden Ablagerungen von Knochensubstanz auf die freien Oberflächen schon vorhandener Theile und nenne dieselben die inneren Appositionen. Hierher zähle ich alle Ablagerungen auf die Knorpelreste an Ossificationsrändern und alle jene zahlreichen Appositionen, welche im Laufe der Entwicklung auf die Wände der primitiven Markräume und Haversischen Kanäle oder auf die Oberflächen der durch Resorption entstandenen grösseren oder kleineren Lücken (Haversian spaces, Tomes and de Morgan, Markhöhle) sich machen. Bei diesen inneren Appositionen sind ohne Ausnahme, wie bei den Beinhautablagerungen, Osteoblasten betheiligt und unterscheiden sich die bei der Bildung des Knochens geschehenden Vorgänge in nichts von denen, die bei den Periostalablagerungen statt haben.

2) Eine zweite Art innerer Ablagerungen könnte so sich machen, dass das bereits angelegte oder fertige Knochengewebe durch Vorgänge im Innern der Masse nach sich vergrösserte. Hierbei könnten entweder nur die Grundsubstanz oder auch die Zellen mitbetheiligt sein, erstere in der Art, dass zwischen die Moleküle derselben neue Moleküle sich anlagerten, letztere so, dass sie vielleicht Wachsthumserscheinungen darböten und möglicherweise im Zusammenhange damit auch sich theilten.

Fragen wir nun, ob irgend welche directen Thatsachen für eine solche Art des Knochenwachsthums sprechen, so fällt die Antwort sehr dürftig aus. Mir ist kein Factum bekannt, welches für ein Wachsthum der Knochenzellen oder für eine Zunahme der Zwischensubstanz in fertiger Knochensubstanz spräche und haben sich, wie aus der Einleitung bekannt ist, die Angaben von Ruge über eine Zunahme der Zwischensubstanz in älteren Knochen, die er aus den gemessenen Entfernungen der Zellen erschliessen zu dürfen glaubte, als nicht stichhaltig erwiesen. Auf der anderen Seite scheint mir das Verhalten dieser Knochensubstanz gegen Crapp einen vollgültigen Beweis dafür abzugeben, dass in derselben keine neuen Knochenmoleküle sich ablagern, nachdem sie einmal gebildet ist, denn dieselbe färbt sich ja in dem genannten Farbstoffe nie, während derselbe alle periostalen Ablagerungen und alle inneren Appositionsschichten ohne Ausnahme röthet.

Eine andere Frage ist die, ob bei junger in Bildung begriffener Knochensubstanz interstitielles Wachsthum sich finde, bei einem Gewebe, das mehr weniger weich und eben im Erhärten begriffen ist. Ohne auf diesen Punkt ein specielles Augenmerk gerichtet zu haben, glaube ich doch sagen zu dürfen, dass etwas der Art in der That an manchen Orten vorzukommen scheint. Ich erschliesse dies daraus, dass an manchen Schädelknochen, die entweder an Nähten oder an ihren Flächen mit spitzen Ausläufern wachsen, die eben erhärtenden Enden dieser Ausläufer oft dichter stehende Zellen und weniger Zwischensubstanz zeigen als der etwas weiter entwickelte angrenzende Knochen. — Ein solches interstitielles Wachsthum wäre aber von dem, welches neuere Autoren annehmen, wohl zu unterscheiden, und hätte auch, wenn es vorkäme, nur eine äusserst geringe Bedeutung für das Gesammtwachsthum der Knochen.

Ebenso halte ich es ferner wohl für möglich, dass die Knochenzellen in jüngerer und selbst in älterer Knochensubstanz noch Veränderungen erleiden, wie z. B. Vergrösserungen, Aenderungen der Form, Kerntheilungen, ja selbst Gesammttheilungen, obschon ich vorläufig für solche Vorgänge keine bestimmten Belege beizubringen vermag und auch die offenbar nicht häufigen Veränderungen der Knochenzellen in pathologischen Fällen nicht gerade für rege Formwechsel derselben sprechen. Solche Veränderungen brauchten jedoch nicht nothwendig mit einer Zunahme der Grundsubstanz an Masse verbunden zu sein, und würde der Nachweis derselben für mich nichts weniger als gleichbedeutend sein mit dem Nachweise des Vorkommens eines interstitiellen Knochenwachsthumes.

Ich komme nun zum Schlusse noch zur Erwähnung des bekannten von J. Wolff vorgeführten Beweises zu Gunsten des interstitiellen Knochenwachsthumes, der sich auf die regelmässige Architectonik der Spongiosa des oberen Femurendes gründet. Es ist unbegreiflich, wie Wolff den Ausspruch thun konnte, dass die in allen Altern gleichbleibende Architectonik der fraglichen Stelle mathematisch in keiner anderen Weise erklärt werden könne als durch die Annahme eines interstitiellen Wachsthumes. Ja wenn Wolff dargethan hätte, dass die Zahl der Knochenbalken und der von ihnen umschlossenen Räume in allen Altern dieselbe ist, liesse sich die Sache noch eher hören; so aber, wo die Zahl dieser Elemente entschieden mit dem Alter zunimmt, während zugleich die Räume sich vergrössern, ist gerade umgekehrt eine Umbildung der Spongiosa des Femurkopfes eines Neugeborenen in die eines Erwachsenen durch interstitielles Wachsthum allein mathematisch ungedenkbar. Meiner Meinung nach wächst dieser Theil des Femur durch Apposition immer neuer Lagen von aussen her, d. h. dadurch, dass die oberflächliche *Substantia compacta* dieser Gegend mit dem fortschreitenden Wachsthume je länger je mehr nach innen zu sich aufblättert und durch Resorptionsvorgänge viele Balken ganz schwinden und so die Räume sich vergrössern, was natürlich leicht so zu denken ist, dass dabei die Architectonik im Wesentlichen sich nicht ändert. Und dass solche Resorptionsvorgänge hier wirklich vorkommen, das nachzuweisen ist, wie ich gezeigt habe, beim Menschen mit Hülfe des Mikroskopes ein Leichtes (Taf. VII. Fig. 4).

Zum Schlusse dieser Erörterung nun noch die Bemerkung, dass die Annahme eines interstitiellen Wachsthumes nicht nur für einmal eine ganz unbewiesene, sondern auch eine ganz überflüssige ist, indem alle Erscheinungen des Knochenwachsthumes und der Knochengestaltung durch die Anbildungen von Seiten der Beinhaut und der Knorpel aus unter zu Hülfenahme der so verbreiteten und massenhaften inneren und äusseren Resorptionen vollkommen genügend sich erklären und bis anhin auch nicht Eine Thatsache bekannt geworden ist, die die Hypothese eines interstitiellen Wachsthumes forderte.

Nach diesem wende ich mich nun zur Darlegung einiger Einzelverhältnisse über das Knochenwachsthum.

1. Waehsthum der Röhrenknochen und der langen Knochen überhaupt.

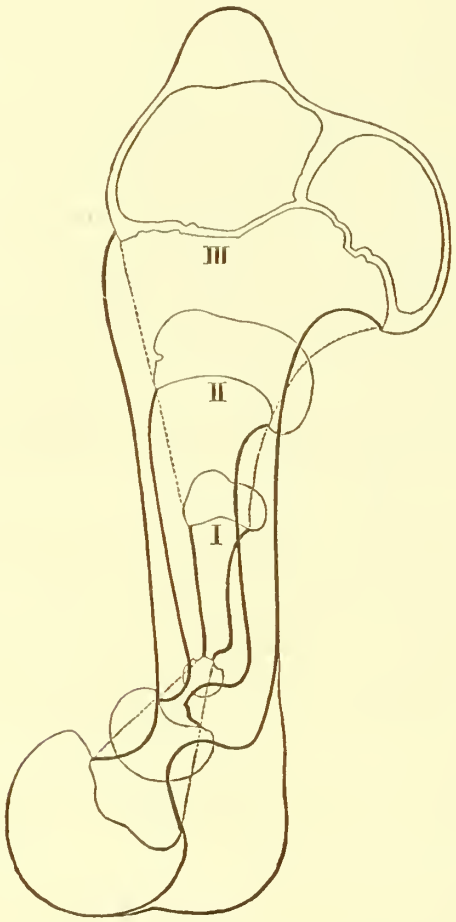
Da alle langen Knochen im Wachsthume im Wesentlichen sich gleich verhalten, so genügt es, von Einem solchen Knochen die Einzelnheiten anzugeben und wähle ich hierzu den Humerus von Bos taurus.

Im Holzschnitt 1 sind 3 Oberarmknochen von Bos taurus im Längsschnitte, der mitten durch den Kopf und die *Fossa posterior* des unteren Endes geht, in ihren äusseren Umrissen um $^1/_3$ verkleinert dargestellt. Die kleinsten Knochen I und II rühren von Embryonen her und messen in natürlicher Grösse der eine 4,3 Cm., der andere 9,2 Cm. Der Knochen III bezieht sich auf ein Kalb von einigen Wochen und hatte 18 Cm. Länge. Diese Knochen sind so ineinander gezeichnet, dass dem Umstande Rechnung getragen wurde, dass der Humerus an seinem oberen Ende mehr als an seinem unteren Ende wächst und sind an beiden Enden die Wachsthumslinien der Diaphysen oder mit anderen Worten der intracartilaginösen Knochensubstanz durch punctirte Linien bezeichnet. Eine Vergleichung dieser

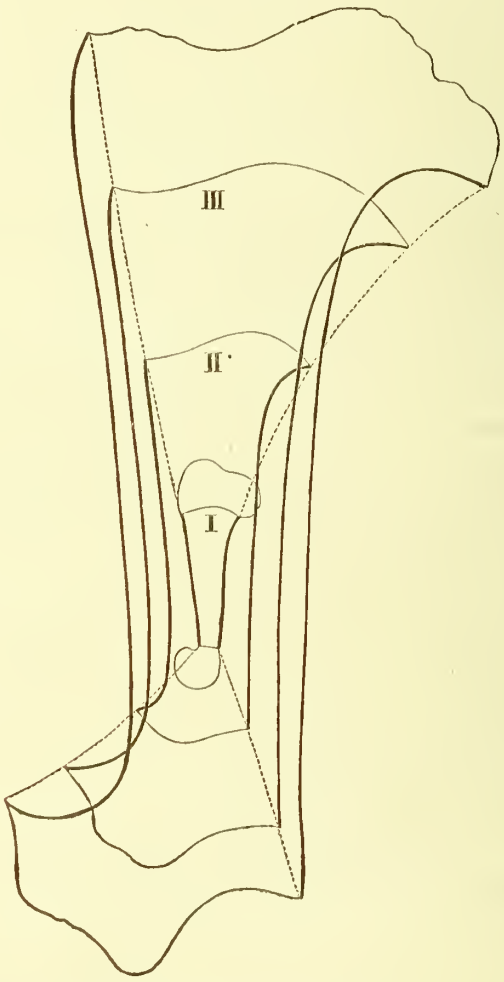
punctirten Linien mit den die äusseren Conturen der drei Knochen bezeichnenden Linien ergibt nun leicht die Gegenden, wo nur Apposition und diejenien, wo Resorption stattgefunden hat, mit anderen Worten, es sind alle einwärts von den punctirten Linien zwischen denselben und den äusseren Conturen der Knochen gelegenen Stellen als Resorptionsstellen anzusehen. In Folge dieser fortdauernden Resorption entfernen sich beide aufgetriebenen Enden des Knochens immer mehr von der Mitte der Diaphyse und wächst der Knochen in die Länge, ohne seine typische Form zu ändern.

In einem Längsschnitte des Humerus, wie dem dargestellten, finden sich am unteren Ende an beiden Seiten Resorptionszonen und habe ich daher, da es Regel ist, dass ein solcher Knochen an seinen Enden an der einen Seite eine Resorptionsfläche, an der andern dagegen eine Appositionsfläche

Figur I.



Figur II.



besitzt, in der Figur 2 auch noch einen Längsschnitt durch den Humerus des Kalbes von der Art dargestellt, dass am unteren Ende der eine Condylus durchschnitten ist, so dass an der hinteren Seite des Knochens eine Appositionszone zum Vorschein kommt. Die genannte Figur stellt zu innerst bei I einen 4,3 Cm. langen Humerus eines Kalbsembryo um 1/3 verkleinert und zu äussert die Conturen der Diaphyse des Oberarmknochens eines Kalbes in natürlicher Grösse dar und zwischen die Grenzlinien der beiden Diaphysen sind dann noch willkürlich diejenigen zweier Knochen von mittlerer Grösse II und III eingezeichnet[1]). Die punctirten Linien an beiden Enden geben wiederum die Wachsthumslinien

[1]) Ich muss hier einen Irrthum berichtigen, der in der Erklärung dieser schon an einem anderen Orte mitgetheilten Figur sich eingeschlichen hat (Würzb. Verh. N. F. Bd. IV. 1873), indem dort der grösste Knochen als ein fast ausgewachsener Humerus bezeichnet ist.

der Diaphysen an, so dass mithin alles innerhalb dieser Linien Befindliche die Knochenmasse bezeichnet, die intracartilaginös sich bildete. Vergleicht man mit derselben die äusseren Conturen der 4 Knochen, so ergibt sich, dass unterhalb des Kopfes und vorn an der Ellenbeugeseite über dem unteren Ende ein grosser Theil der intracartilaginösen Ossification einer Resorption anheim gefallen ist, während an den anderen Seiten einfach Apposition statt hatte. Zugleich ergibt die Figur, wie an den der Resorption anheimgefallenen Stellen der Verlust durch periostale Anlagerungen theilweise und nach und nach wieder gedeckt wird, so dass am Knochen II die Resorptionslücke durch Beinhautablagerungen von Seiten des Knochens III gedeckt wird u. s. f.

In Betreff der Vergrösserung der Markhöhle des Oberarmes des Rindes durch innere Resorption verweise ich auf das früher Mitgetheilte (s. S. 35).

Am Humerus des Rindes habe ich auch einige Bestimmungen über die Stellung der Insertionsstelle des Deltamuskels und des *Foramen nutritium* vorgenommen, die ich hier in tabellarischer Uebersicht mittheile:

Tabelle VI.

	Humerus eines Embryo von 9,2 Cm.	Humerus eines Kalbes von 18 Cm.	Humerus eines fast ausgewachsenen Ochsen von 32 Cm.
Entfernung der Insertionsstelle des Deltamuskels (unteres Ende) vom oberen Ende der Diaphyse	2,4 Cm.	4,8 Cm.	9,7 Cm.
Entfernung derselben Stelle vom unteren Ende der Diaphyse	3,9 „	6,0 „	11,6 „
Entfernung des *Foramen nutritium* an der inneren Ausmündung gemessen vom unteren Ende der Diaphyse	2,94 „	5,57 „	10,24 „
Entfernung desselben Punctes vom oberen Ende der Diaphyse	3,06 „	5,45 „	11,2 „
Entfernung der äusseren Oeffnung des *Foramen nutritium* vom oberen Ende der Diaphyse	3,06 „	4,9 „	8,6 „
Weite des *Foramen nutritium*	1,3 „	2,0 „	3,0 „

Aus diesen Zahlen ergibt sich Folgendes:

1) Die Insertionsstelle des Deltamuskels verändert ihre relative Lage am Humerus in der Art, dass sie beim ausgewachsenen Thiere der Mitte der Diaphyse näher liegt als beim jungen Thiere, oder in Zahlen ausgedrückt es verhält sich die Entfernung derselben vom oberen Ende der Diaphyse zu derjenigen vom unteren Ende bei den 3 in der Tabelle verzeichneten Thieren wie die Zahlen 1 : 1,62; 1 : 1,25 und 1 : 1,19. Frägt man nach den Gründen dieser Lageänderung, so liegen dieselben wohl kaum in einer Verschiebung des Deltamuskels nach abwärts, die Folge eines rascheren Wachsthumes des Muskels sein könnte, sondern in der Verschiedenheit des Wachsthumes der langen Knochen an beiden Enden[1]). Der Humerus gehört zu den Knochen, die am oberen Ende mehr Masse ansetzen und muss somit auch bei gleichbleibender Insertionsstelle des Muskels dieselbe später relativ tiefer stehen, weil der Knochen oben mehr an Länge zugenommen hat, als unten. Ist diese Deutung richtig, so ergibt sich als weitere Folge mit Wahrscheinlichkeit die fernere Annahme, dass die Intensität des Wachsthumes des Deltamuskels und des Knochens gleich sind. Selbstverständlich wird jedoch diese Frage erst dann ihre volle Lösung finden können, wenn die Wachsthumsdifferenz der beiden Enden des Humerus des Kalbes genau bestimmt und mit der Grösse des scheinbaren Herabgleitens der Deltamuskelinsertion verglichen sein wird.

---

[1]) Kölliker, über das Längenwachsthum der Knochen, in Dritter Beitrag zur Lehre von der Entwicklung der Knochen. Würzb. Verh. N. F. Bd. III. 1873.

2) Die innere Oeffnung des *Foramen nutritium* des Kalbshumerus findet sich bei alten und jungen Thieren ziemlich genau in der Mitte der Diaphyse und sind die in der Tabelle verzeichneten Unterschiede so gering, dass sie als Ausdruck individueller Schwankungen angesehen und vernachlässigt werden können. Dagegen rückt die äussere Oeffnung der Löcher bei älteren Knochen immer näher an das obere Ende heran und wird so das Loch oder der Kanal immer schiefer. Die Ursache dieser Gestaltung des Foramen ist wohl ein auf die *Arteria nutritia* ausgeübter Zug, der, wie Humphry annimmt, in erster Linie auf das Periost ausgeübt wird und davon abhängt, dass der Knochen an der der Richtung des *Canalis nutritius* abgewendeten Seite stärker wächst.

2. Wachsthum des Schädels.

Dass auch am Schädel an sehr vielen Stellen der innern und äusseren Oberfläche Resorptionsvorgänge beim Wachsthume eine bedeutende Rolle spielen, geht aus den früher mitgetheilten Erfahrungen zur Genüge hervor. Schwieriger gestaltet sich dagegen die Frage, wenn es sich darum handelt, genau anzugeben, welchen bestimmten Antheil diese Vorgänge haben und wie dieselben zu den anderen Vorgängen sich stellen, welche auf die Gestaltung des Schädels von Einfluss sind, zu den periostalen Anlagerungen nämlich und zu dem Naht- und Synchondrosenwachsthume. Hier können nur sorgfältige in allen Altern vorgenommene Messungen zu einem bestimmten Resultate führen, welche durchzuführen bis anhin von mir nicht versucht wurde, wesshalb ich mich auf folgende Mittheilungen beschränke.

a) Wachsthum des Unterkiefers.

1. Unterkiefer des Ochsen.

Zur Darlegung des Wachsthumes des Unterkiefers dieses Thieres lege ich hier mehrere Ansichten des Unterkiefers des Kalbes und des Ochsen vor, die alle nach demselben Maassstabe gezeichnet sind, resp. $^2/_3$ der natürlichen Grösse betragen. Die Fig. 84 auf Taf. VII. zeigt die beiden Unterkiefer von oben und sind dieselben so ineinander gezeichnet, dass der erste Backzahn als *Punctum fixum* angenommen wurde und eine durch diese beiden Zähne gelegte Queraxe auf eine durch die Symphyse beider Knochenhälften gezogene Längsaxe rechtwinklig gestellt wurde. In ähnlicher Weise sind in der Seitenansicht Fig. 85 beide Unterkiefer nach dem ersten Backzahne orientirt und so gestellt, wie sie auf einer horizontalen Unterlage stehen, wobei zugleich dem Umstande Rechnung getragen wurde, dass der Alveolarrand rascher wächst als der untere Rand (v. S. 54).

Eine Vergleichung der beiden Unterkiefer ergibt nun folgende Resultate, welche in folgender Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle VII.

a. Längenwachsthum.

	Kalb.	Ochs.
Entfernung des ersten Backzahnes vom vordersten Ende des Knochens	7,1 Cm.	14,0 Cm.
Entfernung des hinteren Randes des 3. Backzahnes vom vorspringendsten Theile des *Angulus*	6,7	22,0
Entfernung des 3. Backzahnes vom hintersten Ende des *Capitulum*	7,6	24,0
Entfernung des 3. Backzahnes von der Spitze des *Processus coronoideus* . . .	9,5	26,04
Entfernung des hinteren Randes des *Foramen mentale* vom ersten Backzahne . .	3,7	7,0
Entfernung des hinteren Randes des *Foramen mentale* vom vordersten Ende des Kiefers	3,6	7,0
Entfernung des vorderen Randes des *Foramen alveolare posterius* vom 3. Backzahne	4,1	15,9
Entfernung desselben Loches vom hinteren Rande des aufsteigenden Astes . . .	2,1	4,9

	Kalb.	Ochs.
Entfernung des hinteren Randes des 3. Backzahnes vom hinteren Rande des 6. Backzahnes	— Cm.	9,1 Cm.
Diameter antero-posterior des *Proc. coronoideus* an der Basis	1,3	4,2
„ „ „ „ *Capitulum*	1,25	2,2
„ „ „ „ *Ramus ascendens* in der Höhe des *Foramen alveolare*	4,3	9,4
Länge der Symphyse beider Hälften	2,5	7,4
Vom 1. Backzahne bis zum hinteren Rande der Symphyse	4,8	7,2
Verticaler Durchmesser des *Foramen mentale*	0,38	0,8
Diameter antero-posterior des *Foramen alveolare*	0,59	1,1
b. Wachsthum in die Breite (Dicke).		
Breite der vorderen Alveolarplatte für die Schneidezähne	3,25	7,6
Dicke des Knochens an der dünnsten Stelle des *Ramus horizontalis* hinter dem *Foramen mentale*	0,62	1,8
Grösste Dicke des horizontalen Astes am hinteren Ende	1,7	3,1
Breite des *Processus condyloideus*	2,45	5,2
Dicke des aufsteigenden Astes vor dem hinteren Rande	0,33	0,65
„ „ „ „ am vorderen Rande	0,5—0,8	0,3
c. Wachsthum in die Höhe.		
Höhe an der vorderen Alveolarplatte	2,7	3,15
Geringste Höhe zwischen den Schneide- und Backzähnen	1,8	2,7
Höhe des *Ramus horizontalis* am 3. Backzahne	3,2	5,0
Höhe des aufsteigenden Astes in der Incisur gemessen	6,8	17,8
d. Entfernung beider Unterkieferhälften von einander		
in der Gegend des 1. Backzahnes	2,2	3,6
am 3. Backzahne	3,1	4,5
am Kieferwinkel	6,9	11,3
am 6. Backzahne	—	5,4

Die aus diesen Zahlen sich ergebenden Sätze sind folgende:

1) Das Längenwachsthum des Unterkiefers des Kalbes findet an beiden Enden statt, so jedoch, dass am hinteren Rande und am Winkel erheblich mehr angesetzt wird als am vorderen Ende und zwar ungefähr im Verhältnisse von 3 : 2.

2) Das *Foramen mentale* verschiebt sich mit dem Längenwachsthume des vorderen Theiles des Knochens um die doppelte Grösse nach vorn, hält sich somit in derselben relativen Entfernung vom ersten Backzahne und dem ersten Schneidezahne.

3) Das *Foramen alveolare posterius* entfernt sich ungefähr um das 4fache nach hinten zu, behält aber im Ganzen seine relative Stellung im Verhältnisse zum hinteren Rande des Knochens.

4) Die Weite der beiden Foramina des Knochens nimmt um das Doppelte zu.

5) Während das vordere Ende des Knochens im Ganzen um das Doppelte sich verlängert, nimmt die Symphyse selbst im Verhältnisse von 1 : 3 zu.

6) Der *Processus coronoideus* gewinnt im *Diameter antero-posterior* um mehr als das Dreifache, der *Ramus ascendens* etwas mehr als das Zweifache.

7) Das Wachsthum in die Dicke beträgt das Doppelte bis Dreifache mit einziger Ausnahme des vorderen Randes des aufsteigenden Astes, der beim ausgebildeten Thiere scharf und schmal ist, beim Kalbe dagegen eine breite Resorptionsfläche trägt.

8) Was die Spannung der Unterkieferhälften anlangt, so verhält sich dieselbe ungefähr wie

2 : 3 oder 3 : 4 und müssen natürlich die Spannungen beider Kieferwinkel ganz aus dem Vergleiche weggelassen werden.

Fragen wir nun, wie die angegebenen Veränderungen des Unterkiefers aus den oben mitgetheilten Thatsachen über die Appositions- und Resorptionsflächen dieses Knochens sich erklären, so ist die Antwort im Allgemeinen nicht schwer. Das Längenwachsthum findet statt an den Rändern der Alveolarfortsätze der Schneidezähne und an den hinteren Rändern des aufsteigenden Astes und des *Processus coronoideus*. Um aber dem Knochen seine Form zu wahren, findet sich hinter der Alveolarplatte der Schneidezähne, dann am vorderen Rande des *Ramus ascendens*, des *Processus coronoideus* und *condyloideus* eine fortwährende energische Resorption, die zugleich auch für die hinteren Backzähne Raum schafft.

Ausserdem wächst dieser Knochen durch Apposition an der Symphyse, am Capitulum und an allen vom Periost bedeckten Flächen, mit Ausnahme der genannten Resorptionsflächen und vieler Theile der Alveolen, in die Dicke und Höhe, doch ist dieses Wachsthum nicht überall gleich stark (s. oben St. 54, 55). Auch kommen hier sicherlich in manchen Gegenden indifferente Stellen vor, die ich selbst an Unterkiefern älterer Kälber an ihrer Glätte von Auge zu erkennen glaube, über welche jedoch erst Crappfütterungen nähere Aufschlüsse geben werden.

Die vermehrte Spannung der Unterkieferhälften erklärt sich ganz gut aus dem Wachsthume in die Breite an der Symphyse und hat man, da diese mehr beträgt (3,25 Cm.) als die Spannung zunimmt, noch weiter anzunehmen, dass die periostalen Ablagerungen an der medialen Seite des horizontalen Astes grösser sind, als das Wachsthum an der Symphyse. Was endlich noch die Foramina des Knochens anlangt, so lehrt die Untersuchung, dass das *For. mentale* am hinteren Rande, das *Foramen alveolare* am vorderen unteren Umfange Knochen ansetzt, dass dagegen diese Oeffnungen an den entgegengesetzten Theilen Resorptionsflächen besitzen, welche ihr Auseinanderrücken und zugleich ihre Erweiterung bedingen.

2. Unterkiefer des Menschen.

Der Unterkiefer des Menschen unterscheidet sich von demjenigen des Kalbes und vieler anderer Thiere namentlich dadurch, dass bei ihm die beiden Hälften sehr früh verschmelzen und von diesem Zeitpuncte an jedes Längenwachsthum am vorderen Ende aufhört. Im Uebrigen sind die Verhältnisse ziemlich dieselben wie beim Kalbe und belege ich dies durch folgende Zahlen, die Cm. bedeuten.

Tabelle VIII.

	Neugeborene u. Anfang des 1. Jahres.	Ende des 1. und 2. Jahres.	4.—5. Jahr.	6.—10. Jahr.	Erwachsener ohne Weisheitszähne.	Erwachsener mit 32 Zähnen.
	8 Beobachtungen.	6 Beob.	4 Beob.	8 Beob.	5 Beob.	7 Beob.
Abstand d. Mitte zwischen den mittleren Schneidezähnen von der Spitze des *Proc. coronoideus* .	Mittel 1,0	Mittel 5,01	Mittel 5,64	Mittel 6,58	Mittel 7,8	Mittel 8,32
	Extreme 3,6—4,5	Extr. 5,0—5,36	Extr. 5,47—5,8	Extr. 6,16—7,12	Extr. 7,4—8,5	Extr. 7,6—9,0
Abstand der Spitze des *Proc. coronoideus* vom vorderen Rande des *Proc. condyloideus*	Mittel 1,16	Mittel 1,66	Mittel 1,85	Mittel 2,38	Mittel 2,60	Mittel 2,68
	Extreme 1,08—1,29	Extr. 1,3—2,23	Extr. 1,7—1,96	Extr. 2,07—2,55	Extr. 2,2—3,1	Extr. 2,1—2,8
Abstand der Spitze des *Proc. coronoideus* vom *Angulus maxillae* (Höhe des aufsteigenden Astes)	Mittel 2,22	—	—	—	—	Mittel 6,51
	Extreme 1,96—2,13					Extr. 6,0—7,2

	Neugeborene u. Anfang des 1. Jahres.	Ende des 1. und 2. Jahres.	4.—5. Jahr.	6.—10. Jahr.	Erwachsener.
	8 Beobachtungen.	6 Beob.	4 Beob.	8 Beob.	14 Beob.
Abstand d. äusseren Ränder der Alveolen der Eckzähne	Mittel 2,32 Extreme 2,2—2,6	Mittel 2,63 Extr. 2,5—2,75	Mittel 2,67 Extr. 2,5—2,8	Mittel 2,94 Extr. 2,4—3,3	Mittel 3,14 Extreme 2,9—3,48
Abstand der *Foramina mentalia* (innere Ränder)	Mittel 2,78 Extreme 2,6—3,0	Mittel 3,33 Extr. 3,21—3,60	Mittel 3,33 Extr. 3,3—3,4	Mittel 4,03 Extr. 3,57—4,3	Mittel 4,34 Extreme 3,9—4,64

Aus diesen Zahlen ergeben sich folgende Sätze:

1) Der aufsteigende Ast des Unterkiefers ist beim Erwachsenen mit seinem vorderen Rande gerade noch einmal so weit von den vordersten Schneidezähnen entfernt, als beim einjährigen Kinde, welches Zurückweichen mit Leichtigkeit durch die hier stattfindende Resorption sich erklärt.

2) Ungefähr um dieselbe Grösse entfernt sich in der angegebenen Zeit auch der Gelenkfortsatz vom Kronenfortsatze, ebenfalls durch Resorption an seiner vorderen Seite, welche Resorption mithin hier energischer sein muss als dort.

3) Das Gesammtwachsthum des Unterkiefers durch Ansatz am hinteren Rande ergibt sich aus der Summirung der sub 1 und 2 sich ergebenden Grössen und beträgt 5,84 Cm., wobei nur die geringe Grösse nicht in Anschlag gebracht ist, um die das Köpfchen sich verdickt.

4) Die Höhe des Unterkiefers am Winkel gemessen nimmt von der Geburt bis zum vollendeten Wachsthume um das Dreifache zu.

5) Der Raum, den die 6 vorderen Zähne, Schneidezähne und Eckzähne einnehmen, ist beim Erwachsenen grösser als beim Kinde, mit andern Worten es beanspruchen die bleibenden Zähne mehr Raum als die Milchzähne. Mit Bezug auf die Verwerthung der in der Tabelle gegebenen Zahlen bemerke ich, dass die Zahlen der 3 ersten Colonnen sich auf Milchzähne beziehen. Von den 8 Unterkiefern der 4. Beobachtungsreihe hatten bei 6 die Schneidezähne gewechselt, bei zweien nicht. Entfernt man diese letzteren zwei Fälle, so gibt die Reihe das Mittel 3,0, was dann mit der bei Erwachsenen gefundenen Zahl stimmt, so dass die Zahlen für die angegebene Grösse beim Kinde und Erwachsenen 2,5 und 3,05 Cm. sind.

Diese meine Angabe, dass die Milchschneide- und Eckzähne beim Kinde weniger Raum beanspruchen als beim Erwachsenen die entsprechenden Zähne, steht in scheinbarem Widerspruche mit einer Angabe von Welcker, wonach die Milchzähne und die bleibenden Zähne auf einer Bogenlinie von gleicher Länge, aber verschiedener Krümmung stehen sollen (Wachsthum und Bau des Schädels, Leipzig 1862, p. 10). Welcker hat übersehen, dass die bleibenden kleinen Backzähne weniger Raum beanspruchen als die Milchbackzähne und so entging ihm die Wahrnehmung, dass die Sache bei den Schneide- und Eckzähnen gerade umgekehrt sich verhält. Im Ganzen hat Welcker Recht und habe ich ohne Berücksichtigung des ersten bleibenden Backzahnes, in derselben Weise wie Welcker messend, für 7 Kiefer von Kindern, bei denen der 1. bleibende Backzahn noch nicht durchgebrochen war, für die Entfernung der Mitte der Schneidezähne von der Mitte der Krone des 2. Milchbackzahnes gefunden im Mittel 2,51 Cm. (Extr. 2,4—2,7) und beim Erwachsenen für dieselbe Entfernung von vorn bis zur Mitte des 2. kleinen Backzahnes im Mittel aus 11 Messungen 2,56 Cm. (Extreme 2,1—2,85).

Im Gegensatze zu Welcker muss ich somit für die Alveolen der Milchzähne bei ihrer Umbildung in die der entsprechenden bleibenden Zähne eine erhebliche Verschiebung annehmen, welche übrigens durch die an den Wandungen der Alveolen in so reichlichem Maasse stattfindenden Resorptions- und Anbildungsvorgänge leicht zu erklären ist.

6) Die Verschiebung des *Foramen mentale* kommt beim Menschen durch dieselben Mittel zu Stande, wie beim Kalbe, nur rückt das Loch bei ersterem rückwärts, beim Kalbe vorwärts. Beim Kinde

steht das Loch unter dem ersten grossen Backzahne (Milchbackzahn), beim Erwachsenen in der Regel unter dem 2. kleinen Backzahne.

7) Die von Welcker nachgewiesene Aenderung in der Krümmung des Unterkiefers kann auch ich bestätigen, doch finde ich dieselbe erheblich geringer. Im Mittel aus 7 Beobachtungen fand ich bei Kindern den Abstand der Mitten der 1. grossen Backzähne 4,10 Cm. (Extreme 3,8—4,4) und beim Erwachsenen im Mittel aus 11 Messungen 4,32 Cm. (Extreme 4,10—4,66).

b) Höhlen und Kanäle des Schädels.

Von den Höhlen des Schädels gibt es welche, bei denen eine Resorption von Knochensubstanz so sehr die Hauptrolle spielt, dass Zahlenangaben ganz überflüssig sind, und zwar die Nebenhöhlen der Nase, die *Sinus maxillares*, *sphenoidales* und *frontales*, die beim Schweine und bei der Kuh bis in's *Os occipitis* sich erstrecken. Ebenso ist bei allen Hohlräumen, die in einem einzigen Knochen liegen oder von Einem Knochen begrenzt werden, die Vergrösserung durch Resorptionsvorgänge evident.

Als Beispiele nenne ich alle Löcher und Kanäle und gewisse Ausschnitte des Schädels, die theils eine Erweiterung, theils eine Vergrösserung der zwischen ihnen befindlichen Zwischenräume erleiden, wie folgende Zusammenstellung erweist:

Tabelle IX.

	Ferkel.	Ausgewachsenes Schwein.	Kalb.	Ochs.
Weite des *Foramen infraorbitale*	6,7 mm.	13,0 mm.	6,0 mm.	12,2 mm.
„ „ „ *palatinum post.*	1,7	2,7	3,1	6,6
„ „ „ *opticum*	4,5	5,6	5,7	6,0
„ „ „ *rotundo-orbitale* (senkrechter Durchschnitt)	7,0	9,8	15,0	17,5
„ „ „ *ovale*	—	—	7,1	14,0
Querdurchmesser des *Foramen incisivum*	3,0	4,7	8,2	15,7
Entfernung der *Foramina ovalia* am inneren Umfange gemessen	—	—	28,5	39,2
Breite des hinteren Ausschnittes am *Os palatinum*	—	—	6,6	17,4
Breite des Ausschnittes zwischen den Flügelfortsätzen des Keilbeines gemessen an den *Hamuli pterygoidei*	19,0	30,0	22,8	36,5
Senkrechter Durchmesser der Höhle des ersten Ganges des oberen eingerollten Blattes der unteren Muschel	7,0	14,0	9,3	31,0

Tabelle X.

Mensch.

	Kinder des 1.—4. Jahres.	Erwachsene.
Entfernung der *For. ovalia* von einander	32,8 mm. (6 Beob.)	16,0 mm. (13 Beob.)
Entfernung des *Foramen ovale* (vord. Rand) vom *Foramen rotundum*	6,0 mm. (2 Beob.)	11,4 mm. (13 Beob.)
Breite des zwischen den Flügelfortsätzen der Keilbeine befindlichen Ausschnittes, gemessen in der Mitte des scharfen hinteren Randes der *Lamina medialis*	19,8 mm. (8 Beob.)	29,6 mm. (12 Beob.)

Diese Zahlen, die sich leicht vermehren liessen, genügen, um den obigen Satz zu beweisen und will ich nur noch 1) das Siebbein namhaft machen, dessen von den eingerollten Lamellen umgebene Hohlräume ebenfalls mit dem zunehmenden Wachsthume durch Resorption sich erweitern, und 2) die *Incisura ethmoidalis* des Stirnbeines, von der dasselbe gilt, was von den angeführten Ausschnitten mitgetheilt wurde.

Bei den Höhlungen des Schädels, die von mehreren Knochen begrenzt werden, ist es schwer, zu einer bestimmten Einsicht in die Bedeutung der Resorption zu gelangen, doch gibt auch hier eine umsichtige Prüfung gewisse bestimmte Ergebnisse.

Die Nasenhöhle nimmt im Laufe der Entwicklung, abgesehen von der Länge, an Höhe und Breite zu, und sind beim Wachsthume nach beiden Richtungen einmal Nahtwachsthum (*Sutura palatina*, *nasalis*, Nähte zwischen den Nasenbeinen, Oberkiefern, Zwischenkiefern u. s. w.) und zweitens Resorptionserscheinungen am Boden, an der Decke und an den lateralen Seitenwänden der Höhle betheiligt. In Betreff der Erweiterung in der Höhe muss ich für einmal auf einen bestimmten Nachweis des Antheiles der beiden genannten Vorgänge an derselben verzichten, was dagegen das Wachsthum in die Breite betrifft, so lehren die Verhältnisse der Flügelfortsätze der Keilbeine, deren mit dem Alter zunehmender Abstand von einander einzig und allein durch Resorption an der medialen Fläche zu Stande kommt, dass wahrscheinlich auch bei der Erweiterung der Nasenhöhle Resorptionen eine Rolle spielen. Da jedoch an der *Sutura palatina* und *nasalis*, wie meine Versuche mit Crapp an Hunden und Schweinen lehren, unzweifelhaft ein nicht unergiebiges Nahtwachsthum statt hat, so ist die Bedeutung der Resorption für die Breitenentwicklung der Nasenhöhle darin zu suchen, dass durch dieselbe am Boden der Nasenhöhle die *Crista nasalis*, nach Maassgabe ihrer Dickenzunahme von Seiten der Gaumennaht, von aussen her der Resorption anheimfällt, so dass dieselbe nicht sich verdickt, wohl aber der Boden der Höhle an Breite gewinnt. Dasselbe geschieht zweitens an der Decke der Höhle durch Resorption an der medialen Seite der gegen die Nasenhöhle vorspringenden seitlichen Kante des Nasenbeines.

Ausserdem findet sich bei den einen Geschöpfen mehr, bei den anderen weniger eine locale Erweiterung der Nasenhöhle durch Resorption in der Gegend der unteren Muschel, welche mit der Entwicklung dieses Knochens Hand in Hand geht und beim Kalbe durch die grosse in der Fig. 54 auf Taf. IV. dargestellte Fläche sich ausspricht. Die Nasenhöhle ist hier viel breiter als in den übrigen Gegenden und kann es keinem Zweifel unterliegen, dass diese grössere Breite einzig und allein durch Resorption der inneren Lagen des Oberkiefers gewonnen wird.

In Betreff der Entwicklung der Schädelhöhle habe ich beim Kalbe und beim Schweine eine Reihe Messungen ausgeführt, die ich zunächst in folgender Tabelle mittheile.

Tabelle XI.

	Ferkel.	Schwein.	Zunahme.	Kalb.	Ochs.	Zunahme.
1. Länge der Schädelbasis vom unteren Rande des *Foramen occipitale magnum* bis zum hinteren Rande der *Incisura ethmoidalis* am Keilbeine	51,4	76,0	24,6	84,5	112	27,5
2. Dieselbe Länge bis zum vorderen Ende der *Crista sphenoidalis*	58,9	153,0	94,1	102,0	—	—
3. Längsdurchmesser der Schädelhöhle vom unteren Rande der *Sutura lambdoidea* bis zum oberen Rande der *Incisura ethmoidalis* am Stirnbeine	66,7	81,0	14,3	85,2	106	20,8
4. Vom oberen Rande des *For. magnum* bis zum oberen Rande der *Incisura ethmoidalis* am Stirnbeine . . .	78,0	90,0	12	100,0	123,0	23,0
5. Dieselbe Entfernung in der Krümmung am Schädeldache gemessen	119,0	130	11	150,0	183,0	33
6. Verticaler Durchmesser der Schädelhöhle an der *Incisura ethmoidalis*	20,6	22,0	1,4	21,7	28,0	6,3
7. Verticaler Durchmesser der Schädelhöhle dicht hinter der *Lamina cribrosa*	29,0	32,4	3,4	—	—	—

	Ferkel.	Schwein.	Zunahme.	Kalb.	Ochs.	Zunahme.
8. Verticaler Durchmesser der Schädelhöhle am *Processus clinoideus anterior*	36,2	42,9	6,7	55,8	60,2	4,1
9. Verticaler Durchmesser der Schädelhöhle in der *Sella turcica*	47,2	57,0	9,8	68,5	92,7	24,2
10. Verticaler Durchmesser der Schädelhöhle vom unteren Rande des *Foramen magnum* bis zur Gegend, die äusserlich die *Crista occipitalis* trägt	50,0	63,5	13,5	61,3	75,5	14,2
11. Höhe des *Foramen magnum*	20,0	25,6	5,6	—	—	—
12. Grösste Breite der Schädelhöhle in der Gegend der Schläfe oder der mittleren Schädelgrube	47,0	61,0	14,0	86,0	101,0	15,0
13. Geringste Breite der Schädelhöhle vorn über und hinter der *Lamina cribrosa*	37,0	43,0	6	66,5	73,6	7,1
14. Grösste Breite der Schädelhöhle in den *Fossae occipitales inferiores* über der Pyramide des Felsenbeines	33,5	42,8	9,3	—	—	—
15. Breite der engsten Stelle der hinteren Schädelgrube dicht über dem *Foramen magnum*	—	—	—	28,0	37,0	9,0
16. Breite des *Foramen magnum*	18	23,5	5,5	—	—	—

Aus dieser Tabelle ergibt sich für das Wachsthum der Schädelhöhle des Schweines und Kalbes Folgendes:

Erstens das Längenwachsthum anlangend, so ist dasselbe, wenn man den geraden Durchmesser des Schädeldaches mit dem Längsdurchmesser der Schädelbasis vergleicht, bei beiden Thieren an der Schädelbasis bedeutender, als am oberen Theile der Schädelhöhle. Beim Ochsen ist das Plus des Wachsthums an der Basis nur 6,7 mm., beim Schweine dagegen viel erheblicher und beträgt 10,3 mm. Anders gestaltet sich die Sache, wenn die gesammte Wölbung des Schädeldaches vom *Foramen occipitale* an bis zur *Incisura ethmoidalis* am Stirnbeine (Tab. XI. No. 5) in Betracht gezogen wird, indem in diesem Falle beim Ochsen die Zunahme am Schädeldache um 3 mm. grösser ist als an der Basis, beim Schweine dagegen wie vorhin ein Plus zu Gunsten der Basis von 13,6 mm. besteht, ein Unterschied, der mit der verschiedenen Form der Schädelhöhle und der Schädel beider Thiere zusammenhängt, indem bei Wiederkäuern die Schädelhöhle geräumiger und mehr gewölbt erscheint. Dass dem so ist, geht auch aus dem Verhalten des geraden Durchmessers No. 4 obiger Tabelle hervor, der auch beim Kalbe um 4,5 mm. geringer ist als der Längsdurchmesser des Schädeldaches und beim Schweine um 12,6 mm. hinter demselben zurückbleibt.

Untersucht man die beim Längenwachsthume der Schädelhöhle wirksamen Vorgänge, so ergeben sich als solche 1) das Längenwachsthum an den Synchondrosen der Basis; 2) das Wachsthum an den Quernähten (*Sutura lambdoidea* und *coronaria*); 3) möglicherweise Resorptionsvorgänge an den vorderen und hinteren Begrenzungen der Höhle. Die Grösse von 1) und 2) ist bis anhin noch niemals genau bestimmt worden und habe ich zum ersten Male an mit Crapp gefütterten Schweinen einige hierher gehörende Maasse bestimmt (s. oben Tab. IV. V. auf p. 53 und 55). Meinen Untersuchungen zufolge ist bei einem Ferkel in 11 Tagen die Zunahme an der *Synchondrosis spheno-occipitalis* und *intersphenoidalis* am hinteren Keilbeinkörper am grössten und beträgt 0,54—0,80 mm., während die *Pars basilaris ossis occipitis* eine etwas geringere Wachsthumsintensität von 0,54—0,68 mm. und der vordere Keilbeinkörper hinten die geringste Zunahme von 0,13 mm. zeigte. Vergleicht man hiermit das Wachsthum der Quernähte des Schädeldaches, so ergibt sich dasselbe in der *Sutura coronaria* um das Doppelte grösser von 1,3—1,6 mm., in der *Sutura lambdoidea* dagegen um das 2—8fache kleiner, nämlich von 0,10—0,25 mm. — Diese Zahlen scheinen mit der beim Schweine gefundenen geringeren Wachsthumsintensität des

Schädeldaches in der Längsrichtung gegenüber der Schädelbasis nicht übel zu stimmen, so dass somit kein Grund vorhanden wäre, auch noch Resorptionsphänomene bei der Vergrösserung der Schädelhöhle in der Längsrichtung eine Rolle spielen zu lassen, allein es liegen die Verhältnisse nicht so einfach. Einmal ergibt die Vergleichung der mitgetheilten Zahlen kein ganz bestimmtes Resultat, vor Allem aber drängt sich die Erwägung auf, dass ja die Resorption nur an gewissen Stellen auftreten und compensirt werden könnte durch an anderen Stellen vorkommende innere Auflagerungen. Wenden wir uns an die Fütterungen mit Crapp zur Erledigung dieser Frage, so finden wir, dass vorn am Stirnbeine beim Schweine vorzüglich Resorptionsflächen vorkommen, hinten in der Gegend der Lambdanaht dagegen und da, wo die Hinterlappen des grossen Gehirns anliegen, vorzüglich Auflagerungen von Knochen wahrgenommen werden, die ich auf 0,67—1,10 mm. Dicke bestimmte.

Bei so bewandten Verhältnissen kann es als sicher erachtet werden, dass auch Resorptionserscheinungen beim Längenwachsthume der Schädelhöhle mit betheiligt sind, doch lässt sich die Grösse derselben nach den vorliegenden Thatsachen nicht genauer bestimmen und scheint nur soviel sicher, dass dieselben eine geringere Rolle spielen, als das Wachsthum der Synchondrosen der Basis und der Quernähte des Schädeldaches.

Die verticalen Durchmesser der Schädelhöhle anlangend, so nehmen dieselben beim Schweine während der Entwicklung alle zu und zwar am meisten in den hinteren Abschnitten des Schädels, so dass beim ausgebildeten Thiere die Zunahme in der Gegend des vorderen Keilbeines 1,4—6,7 mm. beträgt, in der Gegend des hinteren Keilbeines 9,8 mm. und in der Occipitalgegend 13,5 mm. Vergleicht man mit dieser Zunahme diejenige in der Längsrichtung, so ergibt sich, dass die letztere viel bedeutender ist und dass die geringste Zunahme in der Länge der grössten Zunahme in der verticalen Richtung nahezu gleich steht.

Beim Ochsen ist das Wachsthumsgesetz nach der Verticalen etwas anders als beim Schweine. Zwar findet sich auch hier am vorderen Keilbeine nur eine geringe Zunahme (von 4,4—6,3 mm.), dagegen fällt das grösste Höhenwachsthum auf die Gegend des hinteren Keilbeines und übertrifft dasjenige der Hinterhauptsgegend um 10 mm., welches übrigens grösser ist als dasjenige der vorderen Theile. Verglichen mit der Längenzunahme, so zeigt sich beim Ochsen kein so grosser Unterschied als beim Schweine, indem wenigstens die Vergrösserung der geraden Längendurchmesser zum Theil noch unter derjenigen der verticalen Durchmesser steht.

Bei der Zunahme der verticalen Durchmesser kommen das Nahtwachsthum in der Naht zwischen der Schuppe des Schläfenbeins und der *Ala parva* einerseits und dem Scheitel- und Stirnbeine anderseits in Betracht, denn die Synchondrosen zwischen der *Squama* und *Pars condyloidea ossis occipitis*, beim Schweine auch in etwas die *Sutura mastoidea* und beim Kalbe das Wachsthum der *Ala parva* an ihrem lateralen Rande durch Knorpel, ferner Resorptionsvorgänge an der Basis und an der Decke des Schädels gegen die Schädelhöhle zu. Das von mir untersuchte Nahtwachsthum in der *Sutura squamosa* und *Sutura sphenofrontalis* (s. Tab. IV.) und das Wachsthum an der *Synchondrosis interoccipitalis superior* (zwischen *Pars condyloidea* und *Squama*) ist der Art, dass dasselbe auf den ersten Blick wohl genügen könnte, die gefundene Zunahme der verticalen Durchmesser zu erklären, es ist jedoch zu bemerken, dass wegen der eigenthümlichen Form der genannten Schuppennähte nicht leicht zu sagen ist, wie viel von der an ihnen gefundenen Zunahme dem Wachsthume des Schädels in die Höhe zu Gute kommt. Ausserdem ist durch die mikroskopische Untersuchung nachgewiesen, dass vor Allem am Schädeldache, aber auch am Boden der Schädelhöhle in den seitlichen Theilen energische Resorptionsvorgänge sich finden, so dass nicht zu bezweifeln ist, dass auch diese eine wichtige Rolle spielen. Zur weiteren Begründung dieses Ausspruches mache ich nur noch aufmerksam auf die verschiedene Configuration der Schädelhöhle beim jungen und alten Thiere, die in anderer Weise als durch Resorption zu Stande kommen zu lassen, nicht der geringste Grund vorliegt. Diese Verschiedenheiten sind beim Schweine besonders deutlich einmal an der *Pars orbitalis* des Stirnbeines, die beim

jungen Thiere viel concaver ist, und zweitens am Schädeltheile des Stirnbeines, der beim erwachsenen Thiere erheblich stärker gewölbt erscheint. Beim Kalbe ist die *Ala parva* gewölbt, beim Ochsen concav, ausserdem bei letzterem das ganze Schädeldach viel stärker gewölbt.

Ich gedenke nun noch der Breitendurchmesser der Schädelhöhle.

Beim Schweine ist die grösste Breitenzunahme (um 14 mm.) in der mittleren Schädelgrube wahrzunehmen und die geringste am *Foramen magnum* und der vorderen Schädelgrube, während die hintere Schädelgrube für das Cerebellum in der Mitte steht und ebenso verhalten sich die Sachen beim Ochsen. Die bei der Erklärung dieses Wachsthumes in Betracht kommenden Nähte, die *Sutura frontalis* und *sagittalis*, und die *Sutura squamosa* und *sphenofrontalis* zum Theil, dann die *Synchondrosis interoccipitalis inferior* (zwischen *Pars basilaris* und *P. condyloidea*) geben über die Eigenthümlichkeiten des Wachsthumes der Schädelhöhle in die Quere keinen vollen Aufschluss, indem einmal die Wachsthumsgrösse an allen genannten Stellen und vor allem an der letzterwähnten gering ist, und zweitens auch nicht so verschieden, wie es die gefundenen Abweichungen der queren Durchmesser fordern. Da nun die Versuche mit Crapp und die mikroskopische Untersuchung auch in diesem Falle an den Seitenwänden des Schädels sehr ausgedehnte Resorptionsflächen ergeben und die Krümmungsverhältnisse der inneren Schädeloberfläche auch im Horizontalschnitte bei alten Thieren wesentlich andere sind als bei jungen Geschöpfen, so folgt, dass auch in diesem Falle das Nahtwachsthum nur einen Theil der Umbildung bedingt, die die Schädelhöhle im Laufe der Entwicklung erleidet.

Hier ist nun der Ort, auch noch einiges über die Entwicklung der Schädelhöhle des Menschen beizubringen. Bekanntlich haben ich selbst und Virchow (s. oben die historische Einleitung) zuerst den Satz aufgestellt, dass die Schädelkapsel sich entwickle durch ein Ineinandergreifen von Ansatz und Auflösung, in der Art, dass ersterer aussen und an den Rändern, letztere innen vorwiege. Dieser Satz ist, obschon von der Mehrzahl der Forscher angenommen, doch von anderer Seite und vor allem von Welcker bekämpft worden. Dieser Forscher ist zwar „weit entfernt zu verkennen, dass beim „Wachsthum der Schädelknochen Resorption und periostale Neubildungen eine wichtige Rolle spielen „und dass diese Vorgänge auch beim Abflachungsprocesse der Schädelknochen nicht ohne Einfluss „seien. Aber dass dieser letztere Process seine ausschliessliche oder auch nur wesentlichste Bedingung „in jenen Vorgängen finde, dagegen sprechen alle Zeichen. Gewännen die wachsenden Deckknochen „ihren vergrösserten Krümmungsradius in erster Linie wirklich durch den angedeuteten Process, so „würden dieselben vom ersten Lebensjahre an bis zur Reife den ganzen zwischen dem Durchschnitte „des kindlichen und des reifern Schädels liegenden Raum (s. bei Welcker Fig. 1 auf Taf. II.) d. i. „einen Weg von 3—4 Cm. zu durchwandern oder vielmehr zu durchwachsen haben; in beständigem Wandel „würde, während die Aussenfläche des Knochens mit einer neuen Rindenschicht sich belegte, die *Tabula „vitrea* schwinden, die seitherige Diploë sich zur *Tabula vitrea* verdichten, die alte Rindenschicht aber „diploetisch werden müssen. Es würde hierbei mindestens so viel Knochensubstanz als zur Bildung „von 10—12 Schädelknochen der betreffenden Altersstufen erforderlich ist, gebildet und verbraucht „werden."

So weit Welcker. Hier liegt nun aber ein grosses Missverständniss vor, denn weder Virchow noch ich haben je behauptet, dass die Schädeldachknochen nicht auch an den Rändern wachsen und Virchow hat es bestimmt ausgesprochen (Ges. Abhandl. p. 936, Arch. XIII. p. 347) und ich als selbstverständlich angenommen, dass das Nahtwachsthum das Erheblichere sei. Es würde somit unserer Ansicht zufolge die Schädelhöhle in erster Linie durch das Naht- und Synchondrosenwachsthum sich vergrössern, und Resorptionen und Ablagerungen an bestimmten Stellen mehr nur die Bedeutung haben, die Form der Höhle, resp. die Krümmungen der Knochen zu ändern. Somit würden die Schädelknochen nicht jenen allerdings wunderbaren Wechsel von Ansatz und Auflösung durchzumachen haben, den Welcker so gut ausgemalt hat, sondern innerhalb viel beschränkterer Grenzen aussen vor allem Ansatz und innen wesentlich Resorption zeigen, in einer Weise, die nicht das geringste Auffallende

hätte und sicherlich Niemand befremdend vorkommen könnte, der die grossartigen Wechsel von Knochenschwund und Knochenansatz kennt, die am aufsteigenden Aste des Kiefers und an den Gelenkenden der langen Knochen u. s. w. sich finden.

Auch wenn man diese Angelegenheit in dieser minder schroffen Weise auffasst, erhebt sich übrigens immer noch die Frage, ob eine einseitige Resorption und Anbildung bei der Entwicklung der Schädelknochen eine Rolle spiele und hat Welcker in der That ganz bestimmt in entgegengesetztem Sinne sich ausgesprochen, indem es nach ihm „keinem Zweifel unterliegt, dass die wachsenden Schädelknochen ihre zunehmende Abflachung zum allergrössten Theile auf ganz mechanische Weise — durch Verbiegung — gewinnen," welche Verbiegung von dem Drucke des Gehirnes abhänge. Frägt man nach den Thatsachen, auf welche hin Welcker eine solche Verbiegung annimmt, so erfährt man, dass er einzig und allein auf gewisse pathologische Fälle sich stützt, in denen die Ränder der Schädelknochen nach aussen gebogen waren, dagegen am normalen Schädel von Kindern nichts wahrgenommen hat, was den supponirten Abflachungsvorgang bewiese. Wollte man bei der Entscheidung dieser Frage pathologische Fälle heranziehen, so könnten Virchow und ich — und vielleicht in der That mit einigem Grunde — auf jene häufigen und bekannten Kinderschädel uns berufen, bei denen an der Aussenfläche am Rande mehr minder mächtige Auflagerungen sich finden, während die Mitte, die Gegenden der *Tubera frontalia*, *parietalia* und der *Protuberantia occipitalis externa* von solchen frei bleiben; es erscheint mir jedoch gerathener, in diesem dunklen Gebiete nur auf bestimmte Thatsachen sich zu stützen. Als solche bezeichne ich die auch am Schädeldache des Menschen an der Innenfläche von mir beobachtete Knochenresorption. Ueber die Intensität dieser Resorption besitzen wir nun allerdings beim Menschen keine Erfahrungen. Nimmt man jedoch die Resultate meiner Crappfütterungen an Hunden und Schweinen dazu, so wird wohl die weitere Vermuthung nicht ungerechtfertigt dastehen, dass auch beim Menschen die Resorptionsvorgänge an der inneren Schädeloberfläche sehr lebhafte sind. Ausserdem lehren meine Versuche mit Crapp an Hunden auch noch die wichtige Thatsache, dass am Schädeldache, am Stirn-, Scheitel- und Hinterhauptsbeine, an der Aussenfläche in der Gegend der Höcker auch grosse indifferente Stellen sich finden, an denen kein Wachsthum statt hat und auch keine Resorption, ein Vorgang, der auch beim Kinderschädel Platz zu greifen scheint. Die indifferenten Stellen an thierischen Knochen sind immer auffallend glatt und von derselben Beschaffenheit findet man auch am Kinderschädel in der Regel die Gegenden der Tubera der Schädelknochen.

Wenn ich somit auch nicht in der Lage bin zu leugnen, dass Verbiegungen bei der Abflachung der Schädelknochen des Kindes vorkommen, so halte ich es auf der anderen Seite für ganz ausgemacht, dass Resorptionen bei derselben betheiligt sind und erscheint es mir ferner als wahrscheinlich,dass auch verschiedene Wachsthumsintensitäten an den Appositionsflächen dabei eine Rolle spielen.

Zum Schlusse dieser Betrachtungen über den Einfluss von Resorptionen auf die Bildung des Schädels gedenke ich nun noch der Augenhöhle. An dieser haben sowohl meine mikroskopischen Untersuchungen als die Fütterungen mit Crapp beim Hunde und Schweine das Vorkommen grosser Resorptionsflächen besonders an dem Dache der Augenhöhle ergeben. Da nun der *Margo supraorbitalis* von einem einzigen Knochen gebildet wird, so lässt sich die Grösse der Resorption leicht durch die Zunahme der Grösse dieses Randes oder der Entfernung des *Proc. nasalis* und *zygomaticus* des Stirnbeines bestimmen, über welche folgende Tabelle Aufschluss gibt:

Tabelle XII.

Breite des *Margo supraorbitalis* in mm. von der lateralen Seite des *Proc. nasalis* bis zur medialen Seite des *Proc. zygomaticus* des Stirnbeins.

1. Mensch.

Aelterer Fötus (5 Beobachtungen)	19,4	Extreme	18,5—21,5
Kinder des 1. Jahres (13 Beob.)	24,2	„	21,8—27,0

Kinder des 2.—9. Jahres (10 Beobachtungen) 30,3 Extreme 27,0—32,5
Erwachsene (20 Messungen) . . . . . 35,6 „ 31,0—37,7
Gesammtzunahme . . . . . 16,2 mm.

2. Schwein.
Ferkel 25,6
Schwein 34,6
Zunahme . . . . . 9,0 mm.

3. Oehs.
Kalb 42,0
Oehs 55,0
Zunahme . . . . . 13,0 mm.

In Betreff des Waehsthumes der Augenhöhle überhaupt und auch der Schläfengrube habe ich beim Oehsen und Kalbe einige fernere Messungen angestellt, die folgende Tabelle wiedergibt.

Tabelle XIII.

	Kalb.	Ochs.	Zunahme.
1. Grösste Breite der Augenhöhle dicht hinter dem *Margo supraorbitalis* in der Gegend der *Fovea glandularis*	46,5	60	13,5
2. *Margo infraorbitalis* von einem Ende des Jochbeins zum andern . .	43,0	65,0	22,0
3. Höhe des Thränenbeines am *Margo orbitalis internus*	24,5	41,0	16,5
4. Grösste Höhe der Gesichtsöffnung der Augenhöhle von einem *Margo orbitalis* zum andern	40,0	69,0	29,0
5. Grösste Tiefe der Augenhöhle vom *For. opticum* zum *Margo supraorbitalis*	58,0	96,0	38,0
6. Grösste Breite der Furche an der oberen Seite des *Proc. zygomaticus ossis temporum*	46,5	60,0	13,5
7. Grösste Breite der Schläfengrube vom Joehbogen bis zum Flügelfortsatze des Keilbeines	43,0	65,0	22,0
8. Länge der Krümmung des Joehbeines am *Margo infraorbitalis* . . .	60,0	93,0	33,0
9. Höhe der *Fossa temporalis*, gemessen vom Winkel zwischen dem *Proc. frontalis* und *temporalis* des *Os zygomaticum* bis zur Coneavität unter dem *Proc. zygomaticus* des Stirnbeins	29,5	51,0	21,5
10. Breite des Thränenbeins vom *Margo orbitalis internus* bis zur Verbindung mit der *Pars orbitalis* des Stirnbeins	18,0	42,0	24,0
11. Länge des Joehbeins von der Spitze des *Processus temporalis* bis zum Punkt, wo dieser Knoehen mit der *Maxilla superior* und dem Thränenbeine zusammenstösst	75,5	154	78,5

Von diesen Maassen geben zwei über die Resorptionsverhältnisse Aufsehluss und zwar die Zahlen 1) über die Breite der Augenhöhle im vorderen oberen Theile, welehe eine ähnliehe Zunahme von 13 mm. ergaben, wie sie beim Ochsen am *Margo supraorbitalis* selbst gefunden wurde, und die Zahlen 6) welehe die Breite der Furehe am *Proc. zygomaticus* des Sehläfenbeines betreffen, die einzig und allein dureh Resorption an der medialen Seite des *Processus zygomaticus* ihre Breitenzunahme gewinnt und beim ausgewaehsenen Thiere ebenfalls ein Mehr von 13,5 mm. zeigt. Bei der Zunahme der anderen gemessenen Entfernungen sind zum Theil Resorptionen, zum Theil Nahtwaehsthum und periostale Appositionen betheiligt und ist daher der Einfluss der ersteren sehwer zu bestimmen. Die einzigen Wege, um zu einer Entseheidung zu gelangen, seheinen die zu sein, einmal die für die Resorption an anderen Stellen der Augenhöhle gefundenen Maasse zu Grunde zu legen und zweitens das Nahtwaehsthum an einem die Augenhöhle begrenzenden Knoehen zu bestimmen. Die erstere Grösse stellt sieh an 3 Stellen gleichmässig auf etwa 13 mm. (*Margo supraorbitalis* auf 13,0 mm., vorderste

Theile der Augenhöhle 13,5 mm. und obere Seite des *Processus zygomaticus* 13,5) und was die zweite Grösse anlangt, so habe ich dieselbe am Thränenbeine für das Wachsthum in die Höhe auf 16,5 mm. und für dasjenige im *Diameter antero-posterior* auf 24,6 mm. bestimmt. Es stellen sich jedoch auch der Verwerthung dieser Zahlen grosse Bedenken entgegen, indem wir ja nicht wissen, ob das Nahtwachsthum an allen die Augenhöhle begrenzenden Knochen dasselbe ist und auch keine Erfahrung dafür spricht, dass die Energie der Resorption an allen Resorptionsflächen dieselbe ist, und verzichte ich aus diesem Grunde vorläufig auf die weitere Benutzung derselben, bis und so lange nicht das Nahtwachsthum aller die Augenhöhle begrenzenden Knochen durch Vergleichung junger und alter Thiere unter Benutzung der Ergebnisse von Crappfütterungen bestimmt sein wird.

Schlussbemerkungen.

Beim Beginne der hier mitgetheilten Untersuchungen gab ich mich der Hoffnung hin, es werde vielleicht gelingen, eine einigermaassen zusagende Erklärung der Wirkung der Ostoklasten und des Zustandekommens der typischen Resorptionsvorgänge am Knochengewebe zu geben. Je mehr ich jedoch in dieses Gebiet eindrang, um so mehr musste ich mich überzeugen, dass es für einmal noch ganz unmöglich ist, eine klare Einsicht in diese Verhältnisse zu gewinnen und bekenne ich offen, dass ich trotz monatelanger Beschäftigung mit dieser Frage kaum weiter bin als zur Zeit, wo ich meine ersten Mittheilungen über dieselbe veröffentlichte.

Was die Ostoklasten und ihre Bedeutung anlangt, so stehe ich nun allerdings nicht mehr an, dieselben ganz bestimmt als die typischen Organe zu bezeichnen, die den Knochen auflösen und scheint mir, dass das von mir nachgewiesene Vorkommen derselben an den in lebende Knochen eingebohrten Elfenbeinstiften (siehe meine erste grössere Mittheilung und Taf. I Fig. 10), dann an den Resorptionsflächen der Milchzähne und an den nachweisbar einer Resorption unterliegenden Flächen der Knochen in dieser Beziehung so laut sprechen, dass keine Zweifel mehr möglich sind[1]). Was dagegen die Art und Weise der Einwirkung dieser Elementartheile betrifft, so bin ich nicht weiter als früher und vermag ich nicht mehr zu sagen, als dass dieselben wahrscheinlich auf chemischem Wege die leimgebende Substanz der Knochen zusammen mit den Erdsalzen langsam auflösen, ohne dass das Knochengewebe hierbei irgend wie sich mit betheiligt und mit seinen zelligen Elementen eine Rolle spielt.

In Betreff der Momente, die an bestimmten Stellen eine Entwicklung von Ostoklasten und als Folge davon eine Resorption der Knochen hervorrufen, so vermag ich auch jetzt nicht über die ebenfalls schon früher ausgesprochene allgemeine Vermuthung hinauszugehen, dass es in erster Linie ein von den die Knochen umgebenden und denselben anliegenden Weichtheilen ausgeübter Druck ist, der hier von Einfluss ist und bekenne ich mich somit offen zu der von L. Fick zuerst bestimmt ausgesprochenen Lehre, dass die Knochen im Laufe der regelrechten Entwicklung nur in die Lücken der Weichtheile oder in die Gegenden sich hineinbilden, wo diese letzteren, d. h. vor Allem die Muskeln,

[1]) Ich sehe allerdings aus der neuesten Mittheilung von Strelzow (Centralbl. 1873 No. 18), dass es doch noch vereinzelte Zweifler gibt. Da jedoch Str. offenbar diese Angelegenheit noch gar nicht geprüft hat und wenigstens am Neujahr 1873, als ich ihn Zürich sprach, noch keine Ostoklasten gesehen hatte, so wird er mir verzeihen, wenn ich a male informato ad melius informandum appellire.

nervösen Gebilde und Gefässe, dem Knochenwachsthume keinen Widerstand entgegensetzen, während sie an den Orten, wo die Weichtheile einen Druck auf sie ausüben, schwinden. Geht man von dieser Auffassung aus, so erklären sich viele Resorptionserscheinungen im Allgemeinen ganz gut, wie die an der innern Oberfläche der Schädelhöhle, an den Wänden der Augenhöhle, an den Begrenzungsflächen der Gefässe und Nerven enthaltenden Löcher, an den Enden der Röhrenknochen (Druck der wachsenden Muskeln), an den Wänden der Nasenhöhle und ihrer Nebenhöhlen (Druck der wachsenden Muscheln, der wuchernden Nasenschleimhaut), an den Alveolen (Druck der sich entwickelnden Zahnsäckchen). Andere dagegen machen grössere Schwierigkeiten, wie die im Innern der Knochen, wo man allerdings von einem Drucke des wuchernden Markes reden kann, aber nicht einsieht, warum dieser Druck vorwiegend nur an bestimmten Stellen und in einer ganz bestimmten Weise einwirkt, und ebenso ist es auch an den erstgenannten Stellen vorläufig nicht möglich, die specielle Verbreitung er Resorptionsstellen zu erklären. Nichts desto weniger erscheint das, was über diese Verhältnisse sich sagen lässt, namentlich auch unter Berücksichtigung der beim pathologischen Schwinden der Knochen vorkommenden Verhältnisse, der Art, dass es offenbar die Keime einer genügenden Theorie in sich birgt und die Hoffnung erweckt, dass wir der Lösung der Frage immer näher treten werden. Hierbei wird namentlich der Weg, den L. Fick mit so vielem Erfolge betreten hat, der des Experimentes, weiter zu cultiviren sein und hoffe auch ich später einen Beitrag nach dieser Richtung liefern zu können, wogegen ich für einmal, da ich alle meine Zeit an die Durcharbeitung des anatomischen Theiles der Frage zu wenden hatte, nur Ein hierher gehöriges Experiment aufzuweisen habe, über das ich noch kurz berichte.

Einem jungen Hunde wurden am 8. Januar 1873 die Ursprünge der Extensoren hoch oben am rechten Unterschenkel ausgeschnitten, wobei allerdings eine ganz vollständige Entfernung der Muskulatur nicht erreicht wurde. Nach 6 Monaten und 23 Tagen, am 1. August, wurde der Hund getödtet und ergab sich ein Verhalten, wie schon L. Fick dasselbe gefunden hatte, wenn auch nicht so ausgeprägt, was ich auf Rechnung des Umstandes setze, dass der *Tibialis anticus* trotz des gesetzten Substanzverlustes, der an einer sehnigen Narbe zu erkennen war, doch weiter fortgewachsen war. Es war nämlich das obere Ende der Tibia an der operirten Seite dicker und die vordere laterale Resorptionsfläche in der Gegend der Ursprünge der Extensoren viel flacher als an der gesunden Seite.

Legt man die Hypothese von L. Fick der Erklärung des Knochenwachsthumes zu Grunde, so wird auch das Auftreten der Ostoklasten und ihr Verschwinden oder ihr Uebergang in Osteoblasten nach derselben zu bemessen sein. Wie ich schon früher andeutete (s. meine erste Mittheilung), lässt die Thatsache, dass an vielen Orten Ostoklasten aus Osteoblastenlagen hervorgehen und umgekehrt später wieder Knochenbildungszellen Platz machen, wie vor allem an den Alveolen der Kiefer zu beobachten ist, kaum eine andere Erklärung zu, als dass der mechanische Druck der den Knochen anliegenden Weichtheile reizend auf die Osteoblasten einwirkt und neue und besondere morphologische Vorgänge in denselben weckt und anregt, in Folge welcher sie zu Riesenzellen sich umbilden und zugleich neue physiologische Wirkungen entfalten. Schwinden dann später die Ursachen, die diese Umbildungen bedingten, so würden dann auch die Ostoklasten entweder vergehen oder zu Osteoblasten sich zurückbilden.

Bei meiner Auffassung des Wachsthumes der Knochen erscheinen dieselben allerdings als Organe mit geringerer Wachsthumsintensität, aber keineswegs als reine Passiv-Organe der Art, dass sie ihre Form und Grösse einzig und allein den mit energischerem Wachsthume begabten sogenannten Activorganen, den Muskeln, Nervengebilden u. s. w., verdankten. In der historischen Einleitung habe ich auch angedeutet, dass L. Fick, der die Ausdrücke Activ- und Passivorgane zuerst braucht, nicht richtig verstanden wird, wenn man demselben unterschiebt, dass er die Knochen einfach von den Activorganen gemodelt werden lasse; doch hat derselbe offenbar die Selbständigkeit der Knochen zu gering angeschlagen und namentlich übersehen, dass dieselben in pathologischen Fällen häufig, ohne

von den umgebenden Weichtheilen beeinflusst zu werden, besondere Wachsthumsenergien entfalten und dann auch bestimmend auf die Weichtheile zu wirken im Stande sind, wie dies besonders von Virchow hervorgehoben worden ist. Ueberlegt man sich diese Frage weiter, so lässt sich dieselbe, wie mir scheint, so formuliren, dass sowohl L. Fick als Virchow in gewissem Sinne Recht erhalten. Ich unterscheide nämlich erstens die Wachsthumsgrösse der Knochen im Allgemeinen und zweitens die Momente, welche die typische Gestaltung der Knochen erzeugen und nehme an, dass die erste Grösse ganz unabhängig ist von den Bildungsgesetzen der umgebenden Weichtheile (Knorpel und Beinhaut werden hierbei natürlich als Theile des Skelettes betrachtet) und nur gebunden erscheint an die noch unbekannten Bildungsgesetze des Gesammtorganismus, während die typische Gestaltung der Knochen ganz und gar von den umgebenden Weichtheilen abhängt, welche dieselben recht eigentlich modelliren. Somit bildet allerdings das Gehirn die Schädelhöhle und der Augapfel die Augenhöhle, aber nur insofern als diese Höhlen specifische Formen besitzen, während ihre Gesammtgrösse ein Resultat der selbständigen Wachsthumsenergien der betheiligten Knochen ist, ebenso gut wie diejenige des Gehirnes und des Bulbus selbst von den in diesen Theilen gelegenen Wachsthumsintensitäten abhängig ist. Hiermit steht nicht im Widerspruche, dass Atrophie des Bulbus und des Hirns auch Atrophie ihrer Höhlen herbeiführt, denn es ist klar, dass in der Regel das Wachsthum der beiden Theile sich gegenseitig bedingt und eines ohne das andere nicht wohl möglich ist, wie denn auch eine selbständige Microcephalie getroffen wird, die die Entwicklung des Gehirns verhindert.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 3. Ein Theil der oberflächlichen Lage des Knochenkernes im knorpeligen Körper des Epistropheus eines Kalbsembryo. Vergr. 350. Das Ganze ist verkalkte Knorpelsubstanz, auf die stellenweise schon dünne Ablagerungen ächten Knochens stattgefunden haben. Der untere Rand der Fig. stellt die Begrenzung einer grösseren Markhöhle im Innern des Knochenkernes dar, woselbst zahlreiche Ostoklasten die Zerstörung des jungen Knochengewebes vermitteln.

Fig. 5. Innerste Knochenlagen der Wand des *Sinus frontalis* eines Kalbes mit zahlreichen Howship'schen Grübchen und durch Carmin gefärbten Ostoklasten in einer gewissen Zahl derselben. Vergrösserung 90.

Fig. 6. Resorptionsfläche eines Milchbackzahnes eines Schweines am Elfenbeine. Alle Howship'schen Grübchen mit Ostoklasten besetzt, die bei *aaa* am Rande vorstehen. Vergrösserung 100.

Fig. 7. Ein Theil eines ähnlichen Präparates. 400 mal vergrössert.

Fig. 8. Howship'sche Grübchen vom *Sinus frontalis* des Kalbes 400 mal vergr. Carminpräparat.

Fig. 9. Knochenbalken des Unterkiefers eines Kalbsembryo mit Chromsäure und Carmin gefärbt. 350 mal vergr. Die mit Ostoklasten besetzten Enden der Balken sind gegen eine Alveole und einen sich entwickelnden Zahn gerichtet, woselbst Resorption statt hat, während die anderen Flächen der Balken Appositionsflächen sind und Osteoblasten tragen.

Fig. 10. Von einem Elfenbeinzäpfchen, das in einen menschlichen Knochen eingebohrt gewesen war. Die Stelle zeigt menschliche Knochensubstanz auf Resorptionsgruben des thierischen Elfenbeines abgelagert. Vergr. 400.

Fig. 12. Vom *Antrum Highmori* des Kalbes mit Ostoklasten in situ. Vergr. 400.

Tafel II.

Enthält Knochen des Kalbes um 1/3 verkleinert mit colorirten Resorptionsflächen.

Fig. 13. Metacarpus von hinten.
Fig. 14. Metacarpus von vorn.
Fig. 15. Metacarpus von der Seite. Der eine Gelenkkopf ist abgetragen.
Fig. 22. Ulna von der Radialseite.
Fig. 23. Ulna von der medialen Seite.
Fig. 24. Tibia von vorn.
Fig. 25. Tibia von hinten.
Fig. 26. Femur von vorn.
Fig. 27. Femur von hinten.
Fig. 28. Femur von der medialen Seite.

Tafel III.

Enthält Kalbsknochen in natürlicher Grösse (Fig. 40, 41, 43, 44, 45, 46) und um 1/3 verkleinert (Figg. 18, 19, 35, 37, 53), mit colorirten Resorptionsflächen.

Fig. 18. Unterkiefer von der lateralen Seite.
Fig. 19. Unterkiefer von der medialen Seite.
Fig. 35. Becken von der lateralen Seite.
Fig. 33. Becken von der medialen Seite.
Fig. 40. Stirnbein von unten.
Fig. 41. Stirnbein von der lateralen Seite.
Fig. 43. Nasenbein von unten.
Fig. 44. *Os pterygoideum* von der medialen Seite.
Fig. 45. Zwischenkiefer von oben.
Fig. 46. Zwischenkiefer von unten.
Fig. 53. Phalanx I von oben.

Tafel IV.

Enthält Kalbsknochen in natürlicher Grösse (Figg. 2, 11, 29, 30, 54, 55) und um 1/3 verkleinert (Figg. 16, 17, 20, 21, 31. 38, 52) mit gemalten Resorptionsflächen.

Fig. 2. Keilbein von oben *a.*: *Processus ethmoidalis*, *b. Ala magna*, *c. Foramen ovale*, *d. Foramen opticum*.
Fig. 11. Keilbein in der Mitte durchschnitten von der Seite. Buchstaben wie vorhin, *e. Proc. pterygoideus*.
Fig. 16. Diaphyse des Humerus von der medialen Seite.
Fig. 17. Diaphyse des Humerus von der lateralen Seite.
Fig. 20. Diaphyse des Radius von vorn.
Fig. 21. Diaphyse des Radius von hinten.
Fig. 29. Lendenwirbel halbirt von der medialen Seite.
Fig. 30. Lendenwirbel halbirt von der lateralen Seite.
Fig. 31. Scapula von der hinteren Seite.
Fig. 38. Scapula von der vorderen Seite.
Fig. 52. Calcaneus von oben.
Fig. 54. Oberkiefer und Gaumenbein von der medialen Seite. *a.* Mediale Fläche des Palatinum; *b.* Resorptionsfläche am *Proc. palatinus* des Oberkiefers; *c.* ebensolche an der Seitenfläche; *d.* letzte nach oben offene Alveole; *e.*, *f. Antrum Highmori*.
Fig. 55. Zygomaticum von der medialen Seite. *a. Proc. temporalis*.

Tafel V.

Figg. 32, 33, 34, 39, 56, 61 Knochen des Kalbes mit colorirten Resorptionsflächen in natürlicher Grösse.

Fig. 32. Schläfenbein von der medialen Seite.
Fig. 33. Kreuzbein halbirt von der medialen Seite.
Fig. 34. Kreuzbein halbirt von der lateralen Seite.
Fig. 39. Kreuzbein halbirt von vorn.
Fig. 56. Pflugscharbein von der Seite.
Fig. 61. Scheitelbein und *Squama ossis occipitis* von der medialen Seite.
Figg. 42. 47, 48, 49, 50, 51, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68 Knochen eines neugeborenen Kindes in natürlicher Grösse mit colorirten Resorptionsflächen.
Fig. 42. Unterkieferhälfte von der lateralen Seite.
Fig. 47. Linker Femur von der hinteren Seite.
Fig. 48. Linker Femur von der medialen Seite.
Fig. 49. Linkes Schlüsselbein von unten.
Fig. 50. Tibia von hinten.
Fig. 51. Tibia von der medialen Seite.
Fig. 57. *Ala magna*.
Fig. 58. Schulterblatt von vorn.
Fig. 59. Linker Humerus von hinten.
Fig. 60. Linker Humerus von vorn.
Fig. 62. Eine mittlere Rippe von der medialen Seite.
Fig. 63. Fibula von hinten.
Fig. 64. Fibula von vorn.
Fig. 65. Linker Radius von vorn.
Fig. 66. Linker Radius von hinten.
Fig. 67. Linke Ulna von der Seite.
Fig. 68. Linke Ulna von vorn.

Tafel VI.

Alle Figuren in natürlicher Grösse.

Fig. 69. Scheitelbein, Stirnbein und Nasenbein des Crappschweines No. I. von innen.
Fig. 70. Dieselben Knochen von der lateralen Seite.
Fig. 71. Unterkiefer des Crapphundes Nr. II. von der lateralen Seite.
Fig. 72. Derselbe von der medialen Seite.
Fig. 73. Senkrechter Durchschnitt des Humerus des Crappschweines Nr. I.
Fig. 74. Linke Tibia des Crappschweines Nr. I. von hinten.
Fig. 75. Linke untere Muschel des Kalbes von der lateralen Seite mit colorirten Resorptionsflächen. Die untere (laterale) eingerollte Platte ist entfernt. Die Platte *a.* am hinteren Ende des Knochens trägt an der ganzen medialen nicht sichtbaren Fläche eine Resorptionsfläche, die mit der an der Figur sichtbaren zusammenhängt.
Fig. 76. Darmbein eines menschlichen Neugeborenen von der medialen Seite mit colorirten Resorptionsflächen.
Fig. 77. Hälfte des Atlas des Kalbes von innen mit colorirten Resorptionsflächen; *a. Arcus posterior*.
Fig. 78. Linke Tibia des Huhnes von der medialen Seite
Fig. 79. Dieselbe von vorn.
Fig. 80. Rechter Femur des Huhnes von vorn.
Fig. 81. Linkes *Os coracoideum* des Huhnes von vorn. Bei Fig. 78—81 sind die Resorptionsflächen colorirt.

Tafel VII.

Fig. 1. Theile eines Milchzahnes und der angrenzenden Theile des Zahnsäckchens eines bleibenden Zahnes von einer jungen Katze. Vergr. 350.
a. Ostoklasten, deren Kerne nicht sichtbar waren, angrenzend an *b.* das Elfenbein des Milchzahnes, *c.* Zahnsäckchen, *d.* Schmelzzellen des bleibenden Zahnes.
Fig. 4. Theil eines Knochenblättchens aus der *Substantia*

spongiosa der oberen Femur-Apophyse eines Kindes mit Howship'schen Grübchen *a*. Markraum. Geringe Vergrösserung.

Fig. 36. Querschnitt der Tibia des Crappschweines Nr. I. 5 mal vergrössert.
a. hintere, *b*. vordere Fläche; *c*. laterale, *d*. mediale Kante.

Fig. 82. Schädel des Crapphundes Nr. II. Natürliche Grösse,

Fig. 83. Schädel des Crapphundes Nr. IV. Natürliche Grösse.

Fig. 84. Unterkiefer eines Kalbes in den eines Ochsen hineingezeichnet, von oben; beide um $^2/_5$ verkleinert.

Fig. 85. Dieselben von der Seite.

Tafel VIII.

Fig. 86. Ostoklasten aus der *Substantia spongiosa* des Humerus eines älteren Kalbsembryo, der in Spiritus erhärtet war. Vergr. 350.

Fig. 87. Ostoklasten aus dem *Sinus frontalis* des Kalbes frisch in Kochsalz von $^1/_2$ % untersucht. Vergr. 400. *a*. heller Saum mit mehr weniger bestimmten Andeutungen von Streifen, *a* derselbe wie aus steifen Härchen gebildet, *b*. abgehobene Lage wie eine Membran darstellend, *c*. aus der Zelle hervorgequollener, heller Tropfen.

Fig. 88. Ostoklasten aus dem *Sinus frontalis* des Kalbes wie in Theilung begriffen, vielleicht auch verschmolzene Zellen. Vergr. 400.

Fig. 89. Querschnitt des oberen Diaphysenendes einer Tibia eines 6 Monate alten menschlichen Embryo, etwa 6mal vergrössert. *a*. Beinhaut, *b*. Periostaler Knochen in der Gegend der *Spina tibiae*, *c*. Periostaler Knochen der hinteren Seite, *d*. intracartilaginös gebildeter Knochen zwischen *b*. und *c*. an die Beinhaut angrenzend und das ganze Innere einnehmend.

Fig. 90. Ein Theil des vorigen Querschnittes stärker vergrössert. *a*. Periostaler Knochen der *Spina* tibiae. Die rothen Punkte sind theils weiche, theils ossificirte Sehnenbündel des *Ligamentum patellae*. *b*. intracartilaginös gebildeter Knochen mit blaugefärbten Resten von Knorpelgrundsubstanz.

Fig. 91. Eine andere Stelle desselben Querschnittes, wo der intracartilaginös gebildete Knochen unmittelbar an die Beinhaut angrenzt: *a*. Periostaler Knochen, *b*. intracartilaginös gebildete Knochenbalken, *cc'*. äussere und innere Lage der Beinhaut, *d*. intracartilaginöse an die Beinhaut grenzende Balken.

Fig. 89—91 sind durch Carmin und Hämatoxylin gefärbt.

Fig. 92. *Pars basilaris* und *Pars condyloidea des Os occipitis* des Kalbes mit roth gemalten Resorptionsflächen. Nat. Gr.

Fig. 93. Atlas des Kalbes von vorn. Nat. Gr.

Fig. 94. Senkrechter Schnitt durch die Basis eines Rehgeweihes und den Rosenstock, mit Carmin gefärbt, 3 mal vergr. *a*. Rosenstock, *b*. Rose, *c*. Geweih, unterster Theil, *d*. Demarcationslinie mit den Resorptionssinus und der oberflächlichen Furche.

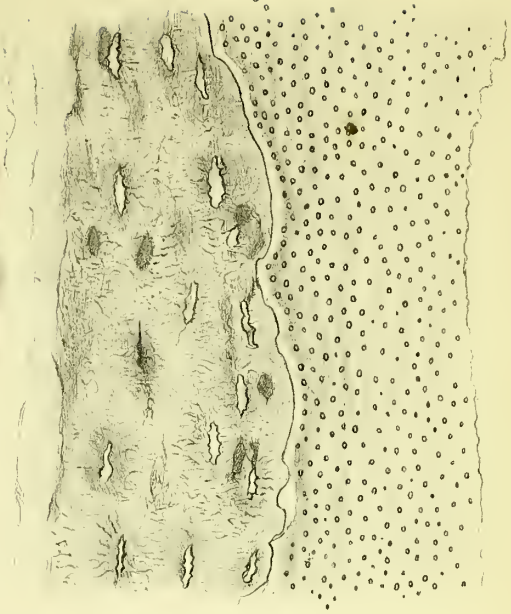
Fig. 95. Dieselbe Stelle eines anderen Rehgeweihes, 14 mal vergr. *a*. Rosenstock, *b*. Rose *c*. Demarcationszone mit einer oberflächlichen Furche und weiten Resorptionssinus, *d*. Haversische Kanäle,

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

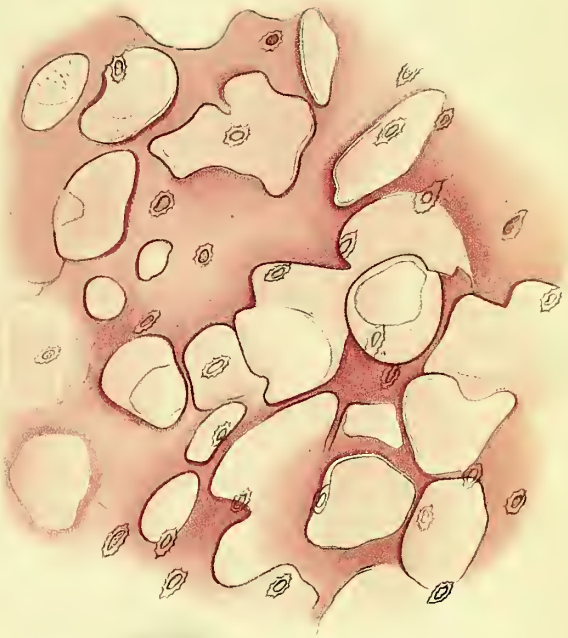
12.

7.

10.



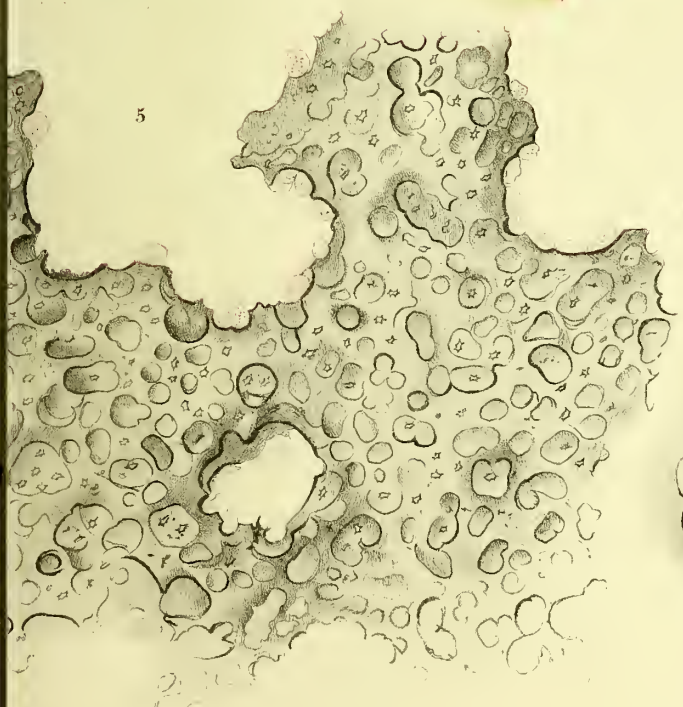
8.



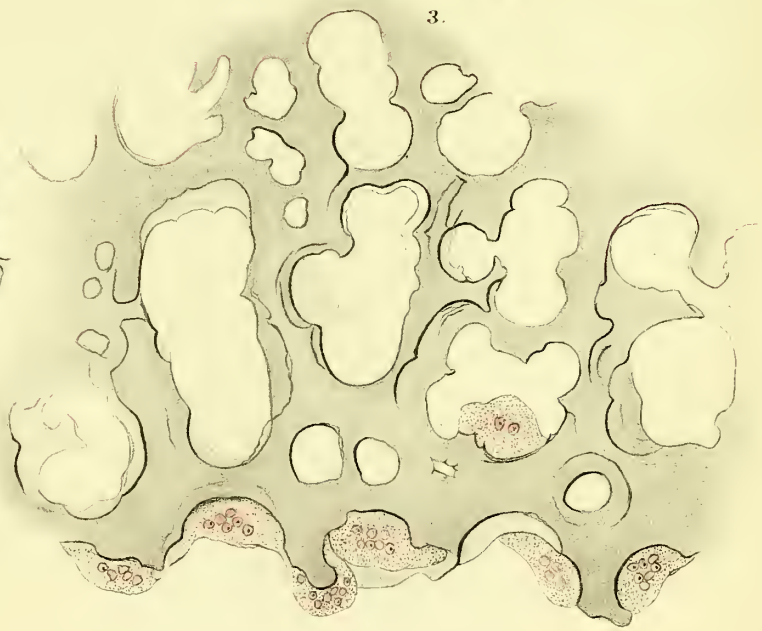
6.

9.

5

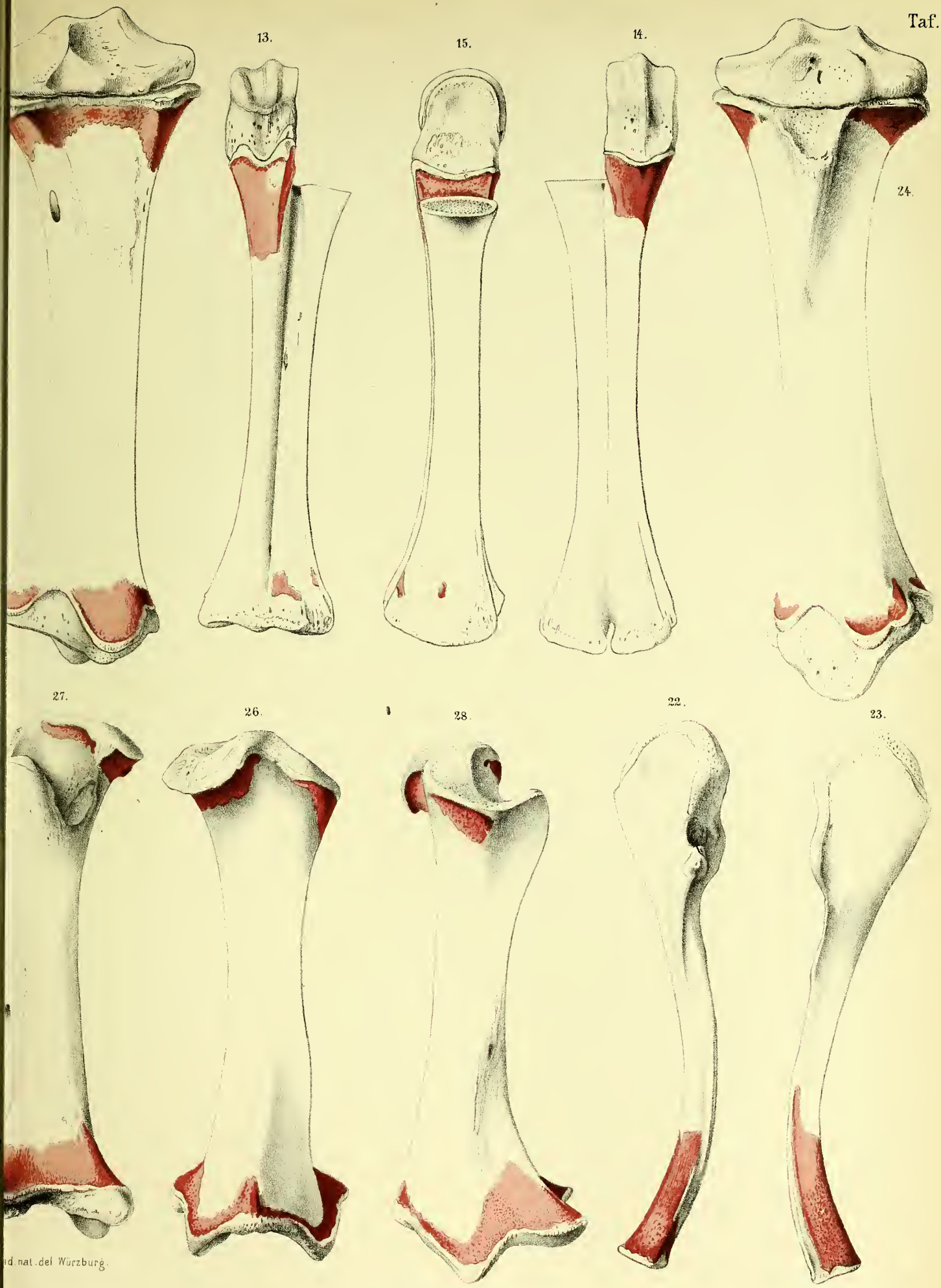


3.



Verlag von F.C.W.Vogel, in Leipzig.

Lith.Anst.v. J.G.Bach, in Leipzig.



Lochc[illegible]d. nat. del Würzburg.

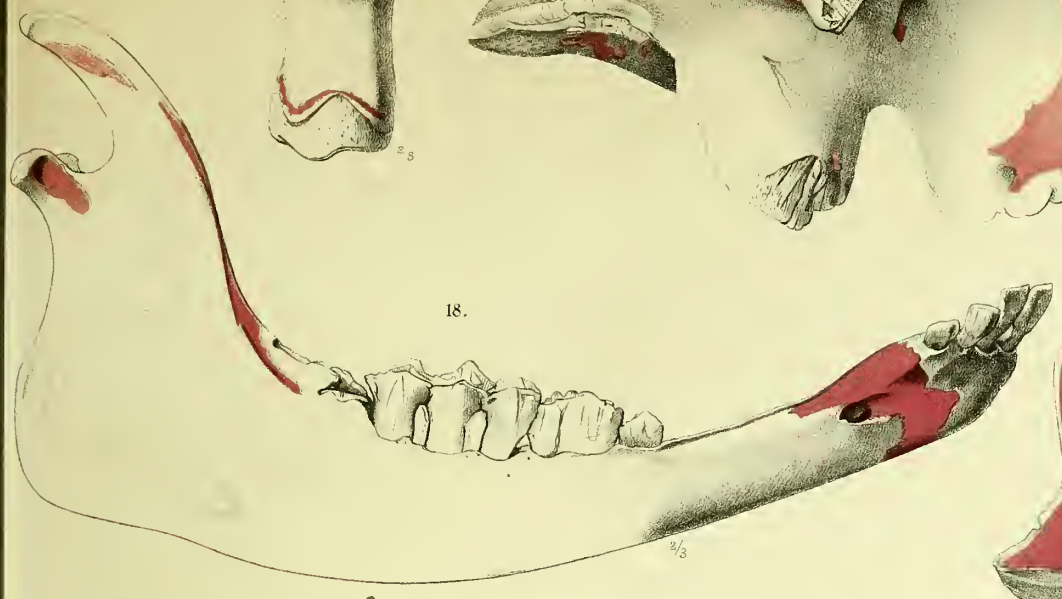
[illegible]öllik[illegible]esorption d. Knochengewebes.

Verlag von F.C.W. Vogel, in Leipzig

Lith. Anst. v. J.G. Bach, Leipzig

53.

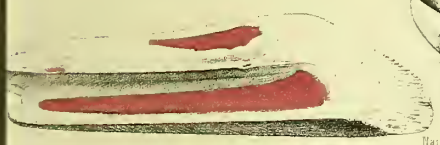
41.



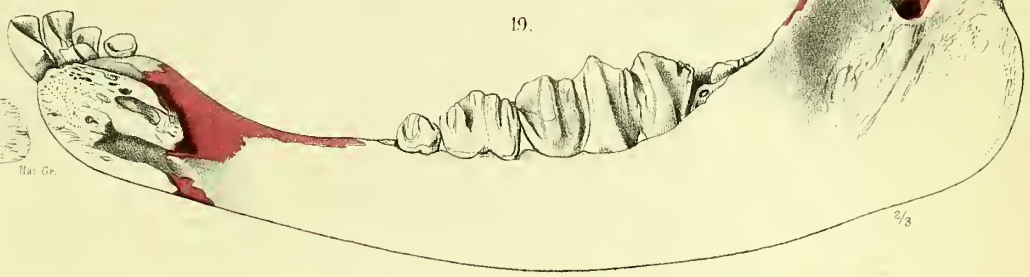
18.

44.

43.



19.

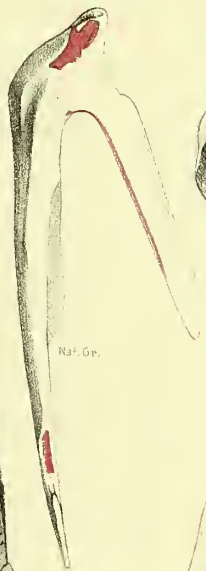


35.

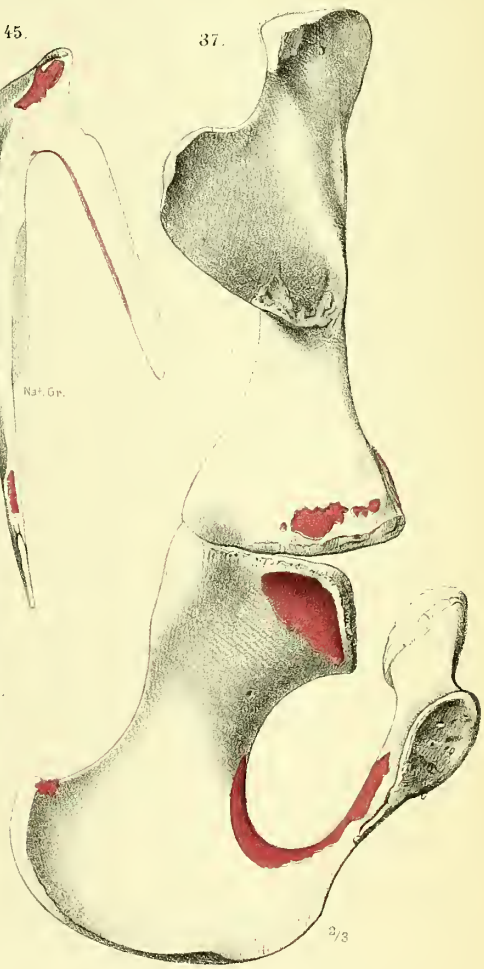
46

40.

45.



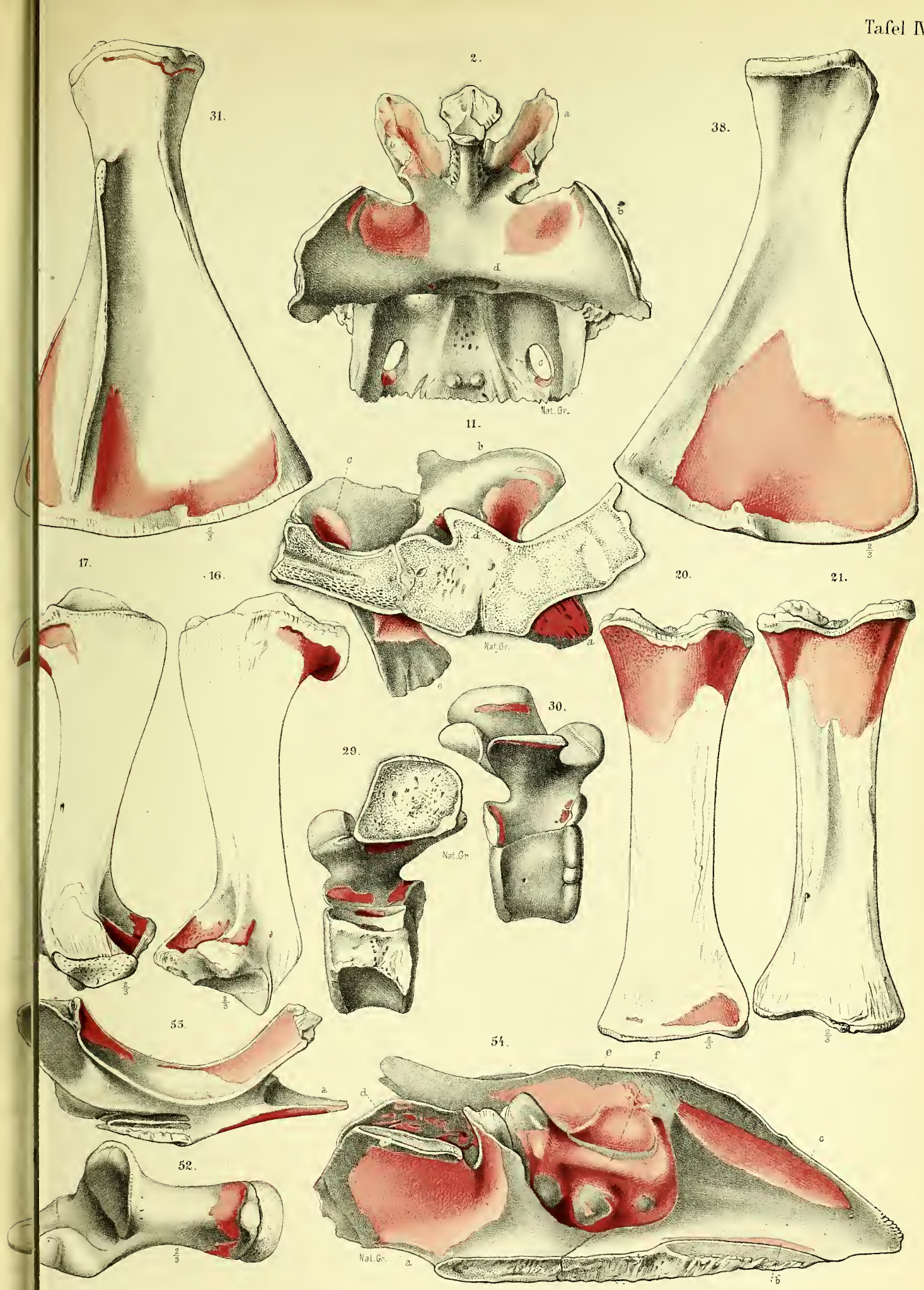
37.



Lochow ad nat. del. Würzburg

Ölliker, Resorption d. Knochengewebes.

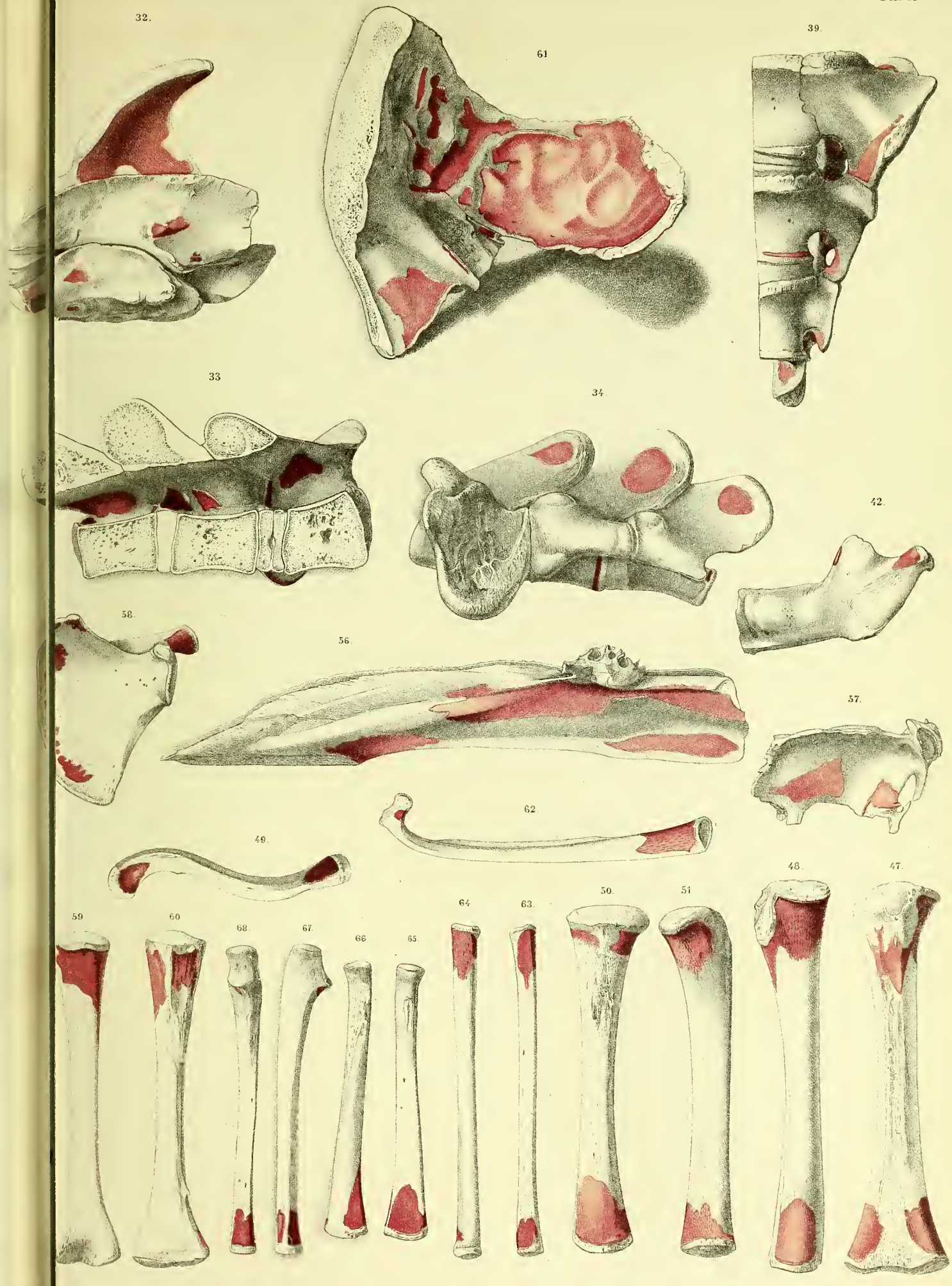
Verlag von F.C.W. Vogel, in Leipzig



C. Loch ad. nat. del. Würzburg.
Köll Resorption d. Knochengewebes.

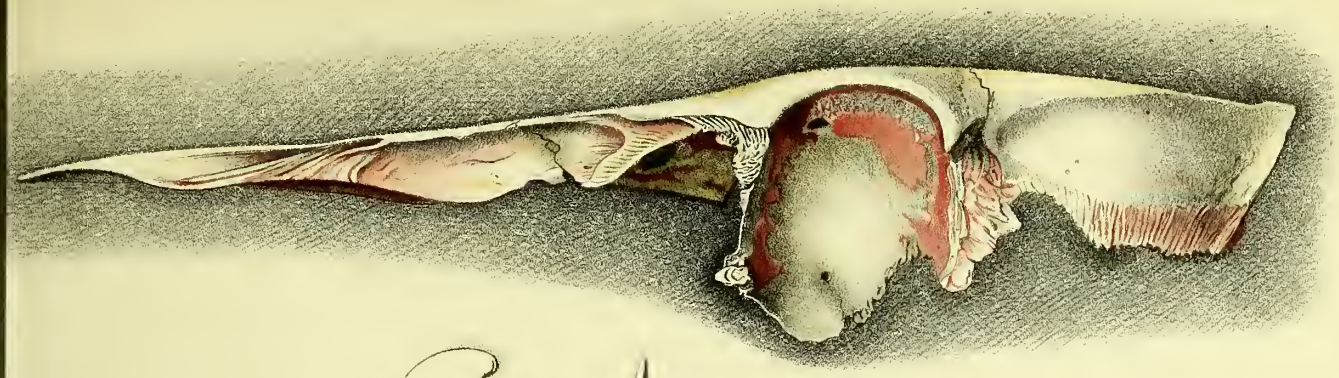
Verlag von F. C. W. Vogel, in Leipzig.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.



C. L. ... v. ad. nat. del. Würzburg.
Koll. ... Resorption d. Knochengewebes.
Verlag v. F.C.W. Vogel in Leipzig.
Lith. Anst. v. J.G. Bach, Leipzig.

70.



71

72.

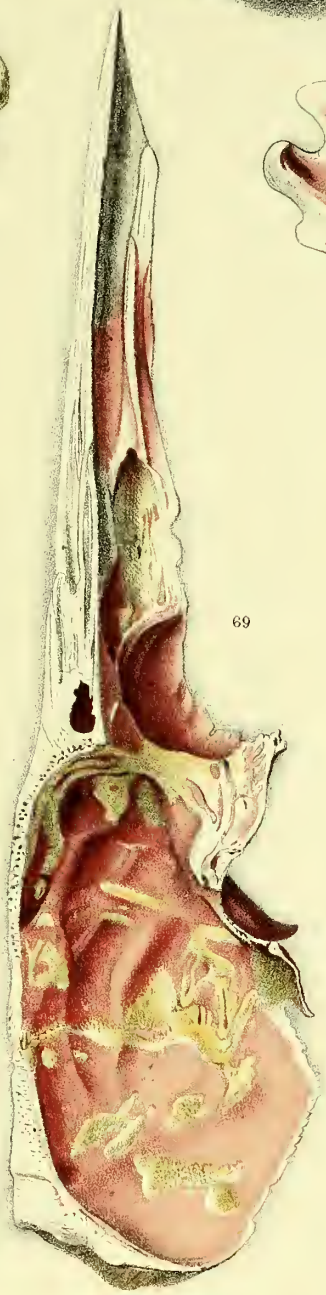
73.

74

78.

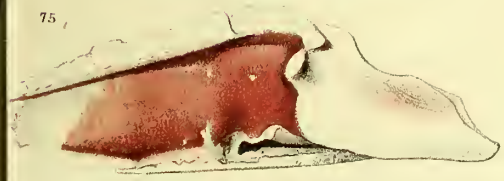
81

69



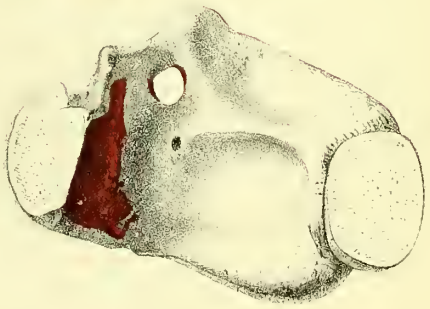
80.

75



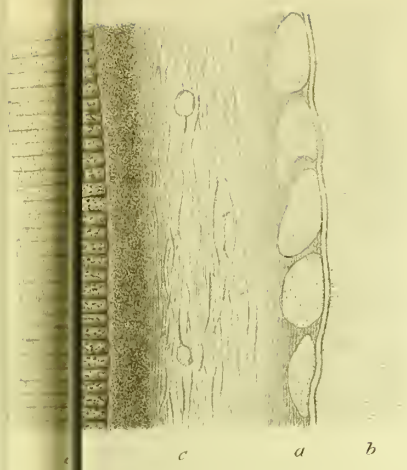
76.

77



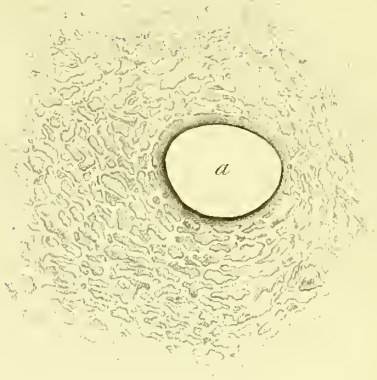
C. Loch[illegible] d. nat. del. Würzburg.
Köllike[illegible] sorption d. Knochengewebes
Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.
Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.

1.

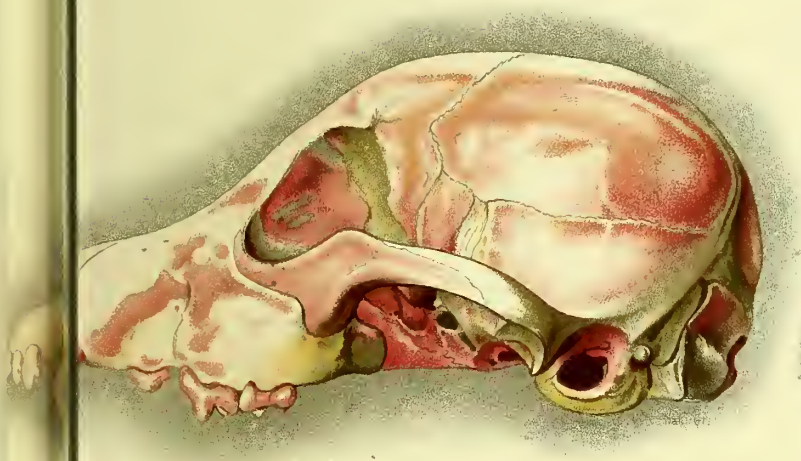


36.

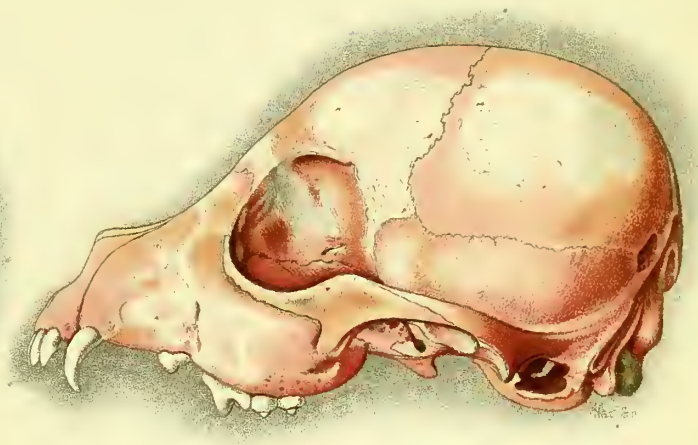
4.



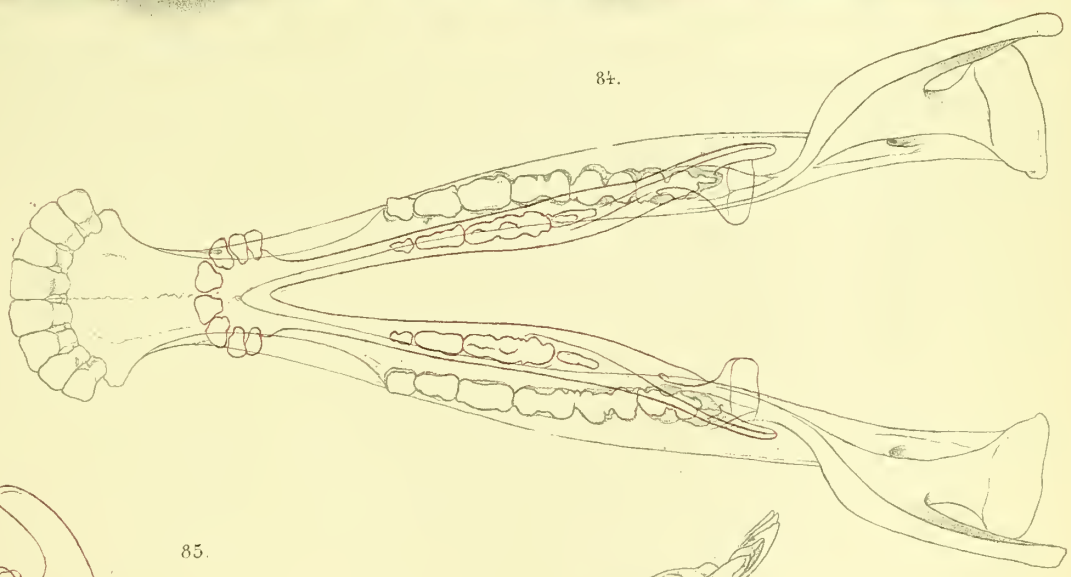
32.



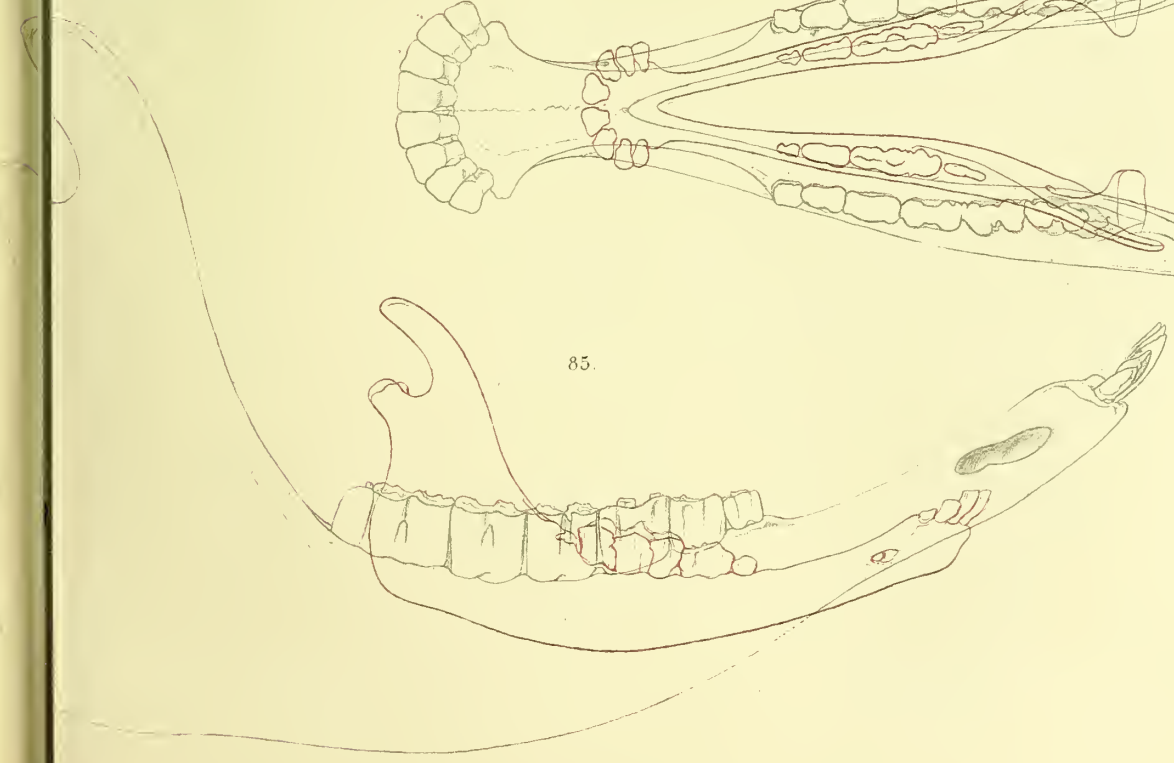
33.



34.



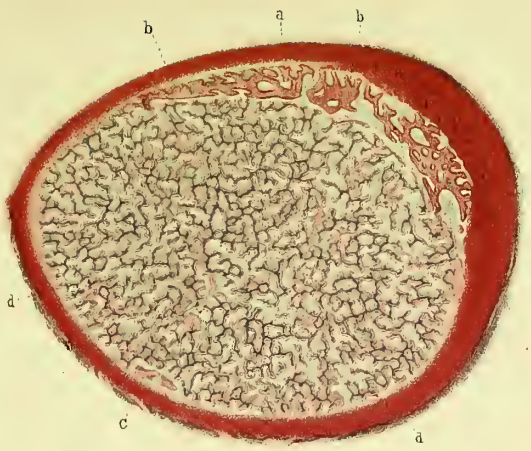
35.



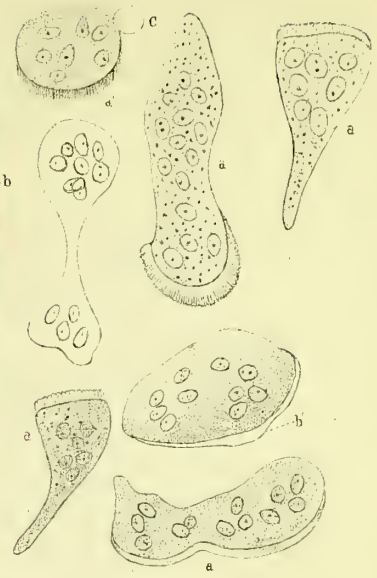
Verlag von F.C.W. Vogel in Leipzig

86.

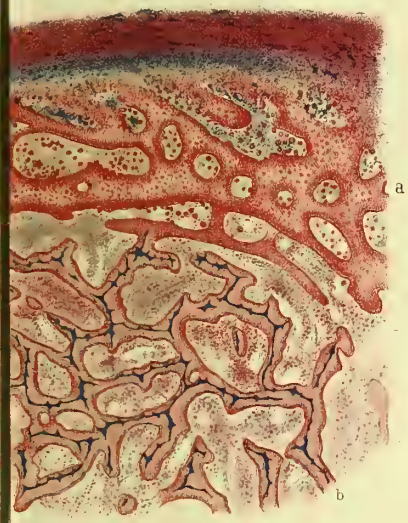
89.



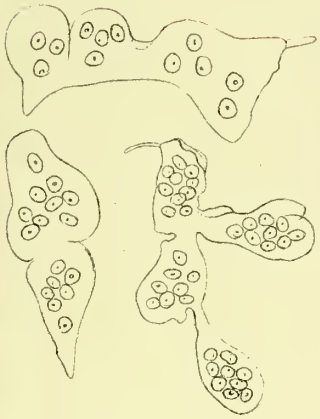
87.



90.



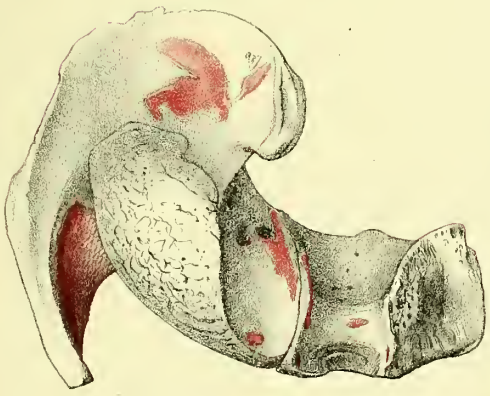
88.



91.

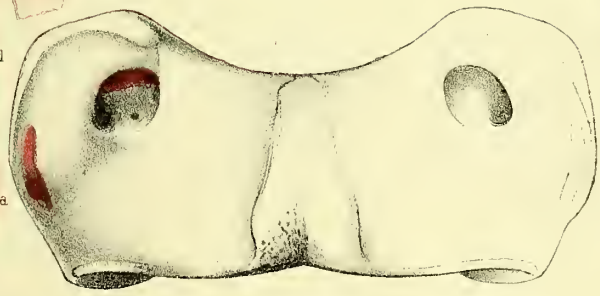
92.

94.



95.

93.



Verlag von F. C. W. Vogel in Leipzig.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.